



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ,
ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Χωροθέτηση αιολικού πάρκου στη νήσο Ζάκυνθο μέσω
τηλεπισκόπησης και γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών**



ΜΑΡΙΑ ΑΚΤΥΠΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΕΡΑΚΗΣ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ : ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΜΩΥΣΙΑΔΗΣ

ΒΟΛΟΣ , Ιούνιος 2014

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η χωροθέτηση αιολικού πάρκου στη Ζάκυνθο ώστε να συμβάλει άμεσα στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του νησιού. Η συνεχής αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας, η μη ορθολογική χρήση της και η κατασπατάληση των φυσικών πόρων της Γης έχουν δημιουργήσει πλήθος περιβαλλοντικών, κοινωνικών, οικονομικών, πολιτικών προβλημάτων και προβλημάτων ολοκληρωμένης ανάπτυξης. Σ αυτό το κρίσιμο ενεργειακό σκηνικό, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), απαλλαγμένες σε μεγάλο βαθμό από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, με πρωτοπόρο την αιολική, μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο. Ο χωροταξικός σχεδιασμός θεωρείται απαραίτητος στην περίπτωση της χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων, μέσω του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΠΧΣΑΑ) για τις ΑΠΕ με σκοπό τη διαμόρφωση πολιτικών χωροθέτησης όπως και την καθιέρωση κανόνων και κριτηρίων, που θα δημιουργούν βιώσιμες εγκαταστάσεις και αρμονική ένταξή τους στο περιβάλλον ώστε να επιτευχθεί ανταπόκριση στους στόχους των εθνικών και ευρωπαϊκών πολιτικών. Η επιλογή της περιοχής χωροθέτησης έγινε με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ) μέσω του προγράμματος ArcMap10 καθώς και με τη τηλεπισκόπηση μέσω του προγράμματος Erdas Imagine 2011. Στην πρώτη περίπτωση αναπτύσσεται ένα χωρικό μοντέλο, που προσδιορίζει τις κατάλληλες περιοχές, χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που ορίζει η Εθνική νομοθεσία ενώ μέσα από δορυφορικές εικόνες Landsat 4-5 TM δημιουργείται χάρτης Καλύψεων Γης για το νησί της Ζακύνθου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με μορφή πινάκων και χαρτών.

Λέξεις κλειδιά: *Ανανεώσιμες Πηγές ενέργειας, Χωροθέτηση Αιολικού Πάρκου, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Τηλεπισκόπηση*

ABSTRACT

The continuous increase of energy consumption in combination with its irrational use and the wasteful of natural resources of Earth, have created many environmental, social, economic and political problems. Renewable Energy Sources (RES), more specifically the wind energy, plays an important role in this crucial energy context, because of the significant lack of environmental implications. Spatial planning is considered essential to the localisation of wind parks, with regard to the Special Framework for Spatial Planning and Sustainable Development (SFSPSD) and to form policies, rules and criteria for the RES. This will lead to the creation of viable RES installations and the harmonious integration in the environment in a way that corresponds to the objectives of the National and European policies. In this paper, multi-criteria spatial analysis is performed in GIS environment, for wind park site selection at the island of Zakynthos, Greece. This will contribute directly to the energy needs of the island. Physiographic, cultural and anthropogenic criteria quantified in digital layers, such as land use/cover maps of processed Landsat 4-5 TM satellite imagery, are used in the spatial analysis process by means of Geographical Information Systems. The final areas of wind park site selection are presented in form of digital maps. The methodology provides a fast and economic output for such applications. What is of great importance, is the way the thematic knowledge is quantified and presented in digital layers, towards a reliable multi-criteria solution, for the Sustainable Development of the island of Zakynthos in Greece.

Keywords: *Renewable Energy Sources; wind park site selection; GIS; remote sensing*

Πίνακας περιεχομένων

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</u>	9
1.1 Ερευνητικό πρόβλημα.....	9
1.2 Σκοπός και αντικείμενο της εργασίας	10
1.3 Δομή της εργασίας	11
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....</u>	12
2.1 Αιολική ενέργεια	16
2.2 Η αιολική ενέργεια σε παγκόσμιο επίπεδο.....	18
2.3 Η αιολική ενέργεια στην Ελλάδα.....	22
2.4 Η αιολική ενέργεια στα νησιά.....	25
2.5 Ανεμογεννήτριες.....	28
2.6 Εγκατάσταση ανεμογεννήτριας.....	31
2.7 Αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα.....	32
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ο ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΕ.....</u>	37
3.1 Σκοπός του χωροταξικού σχεδιασμού	37
3.2 Ο Χωροταξικός σχεδιασμός στην Ελλάδα.....	37
3.3 Κανόνες και κριτήρια χωροθέτησης αιολικού πάρκου.....	38
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ</u>	40
4.1 Χωρική πληροφορία και ΓΣΠ.....	40
4.2 Τηλεπισκόπηση και ΓΣΠ.....	41
4.3 Συνεισφορά των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών στη χωροθέτηση αιολικού πάρκου.....	42
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΖΑΚΥΝΘΟ.....</u>	44
5.1 Ανάπτυξη χωρικού μοντέλου.....	44
5.2 Ανάλυση περιοχής μελέτης	45
5.2.1 Κλιματικά, μετεωρολογικά και υδρολογικά δεδομένα.....	45
5.2.2 Φυσικά, υδρογεωλογικά και γεωλογικά στοιχεία.....	46
5.2.3 Φυσικό περιβάλλον.....	48
5.3 Χωρικό μοντέλο.....	49
5.4 Επιλογή των κριτηρίων σύμφωνα με τη νομοθεσία	50

5.5	Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων με τεχνικές ΓΣΠ και Τηλεπισκόπησης.....	50
5.6	Χαρτογράφηση καλύψεων Γης της Ζάκυνθο.....	52
5.7	Δημιουργία ζωνών καταλληλότητας	57
5.8	Δημιουργία ζωνών αποκλεισμού.....	58
5.9	Εύρεση τελικών περιοχών	63
5.10	Ανάλυση καταλληλότητας του χώρου εγκατάστασης.....	64
5.10.1	Έκταση οικοπέδου αιολικού πάρκο.....	64
5.10.2	Υψόμετρο και κλίσεις εδάφους.....	65
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</u>		68
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....</u>		70
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....</u>		71

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Ποσοστό ΑΠΕ στην συνολική εθνική παραγωγή ενέργειας (2005) καθώς επίσης και στόχοι των χωρών μελών για το 2020.....	14
Πίνακας 2: Αλλαγές στην παραγωγή σε σχέση με το έτος 2012.....	15
Πίνακας 3: Το ποσοστό χώρου που καταλαμβάνει η κάθε κάλυψη Γης στη Ζάκυνθο	55

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Global renewable power capacity excluding hydro.....	13
Διάγραμμα 2: Μερίδιο αγοράς για το 201.....	15
Διάγραμμα 3: Global wind statistics 2011.....	19
Διάγραμμα 4: Εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα 1997- 2011.....	24
Διάγραμμα 5: Εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα 1987- 2012.....	24
Διάγραμμα 6: Ανάπτυξη χωρικού μοντέλου για χωροθέτηση αιολικού πάρκου.....	45
Διάγραμμα 7: Τεχνικό μοντέλο ανεύρεσης κατάλληλων περιοχών για χωροθέτηση αιολικού πάρκου βάσει νομοθεσίας μέσω της λειτουργίας Model Builder.....	70

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Αιολικό πάρκο στη Σκωτία.....	16
Εικόνα 2: Αιολικός χάρτης της Ευρώπης.....	20
Εικόνα 3: Εγκατεστημένη ισχύς αιολική ενέργεια στην Ε.Ε το 2013.....	21
Εικόνα 4: Στρατηγική Μελέτη Διασύνδεσης Αυτόνομων νησιωτικών συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας – Προκαταρκτικές μελέτες.....	27
Εικόνα 5: Κύρια μέρη μιας ανεμογεννήτριας.....	29
Εικόνα 6: Παράδειγμα ανεμογεννήτριας.....	30
Εικόνα 7: Εννοιολογικά υποδείγματα και αναπαραστάσεις χωρικών φαινομένων.....	40
Εικόνα 8: Θαλάσσια Χελωνάκια.....	48
Εικόνα 9: Επιλογή της περιοχής της Ζακύνθου από το glovis.usgs.gov.....	53
Εικόνα 10: Κατασκευή των 5 καλύψεων Γης στο ERDAS Imagine.....	54

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1: Χάρτης της Λέσβου με τα αιολικά πάρκα.....	31
Χάρτης 2: Γεωλογικός Χάρτης Ζακύνθου.....	47
Χάρτης 3: Καλύψεις Γης με επιβλεπόμενη ταξινόμηση.....	55
Χάρτης 4: Καλύψεις Γης με μορφή πολυγώνων.....	56
Χάρτης 5: Χάρτης κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης βάση αιολικού δυναμικού.....	57
Χάρτης 6: Περιοχές αποκλεισμού περιοχών natura, καταφύγιο άγριας ζωής και βιοτόπων corine.....	58
Χάρτης 7: Περιοχές αποκλεισμού γύρω από αξιόλογες ακτές και οικισμούς.....	59
Χάρτης 8: Περιοχές αποκλεισμού γύρω από το αεροδρόμιο, τις Ιερές Μονές, το λιμάνι, τα σημεία εξόρυξης και το Υψηλό δίκτυο τάσης.....	60
Χάρτης 9: Περιοχές αποκλεισμού γύρω από το κύριο οδικό δίκτυο.....	61
Χάρτης 10: Περιοχές αποκλεισμού γύρω τις εκτάσεις υψηλής αγροτικής παραγωγικότητας.....	62
Χάρτης 11: Πιθανές περιοχές χωροθέτησης αιολικού πάρκου.....	63
Χάρτης 12: Κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης βάση έκτασης.....	64
Χάρτης 13: Χάρτης με το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους.....	66
Χάρτης 14: Χάρτης των κλίσεων του εδάφους.....	67

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΩΝ

ΑΓ: Ανεμογεννήτριες
ΑΠΕ: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΑΔΜΗΕ: Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΓΣΠ: Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών
ΔΕΗ: Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
ΕΕ: Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΚ: Ευρωπαϊκός Κανονισμός
ΕΛΣΤΑΤ: Ελληνική Στατιστική αρχή
ΕΠΟ: Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων
ΕΠΧΣΑΑ: Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης
ΖΕΠ: Ζώνες Ειδικής Προστασίας
ΗΠΑ: Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
ΚΑΠΕ: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας
ΜΠΕ: Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
ΟΤΑ: Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης
ΠΑΚ: Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας
ΠΑΠ: Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας
ΠΕ: Περιφερειακή Ενότητα
ΠΠΕΑ: Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση
ΠΥΣ: Πρακτικά Υπουργικού Συμβουλίου
ΡΑΕ: Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας
ΣΥΛΑ: Συστήματα Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων
ΣΛΧΑ: Σύστημα Λήψης Χωρικών Αποφάσεων
ΥΠΕΚΑ: Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
MW: Megawatt
GIS: Geographic Information System
GPS: Global Positioning System

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Κωνσταντίνο Περάκη επιβλέποντα καθηγητή της παρούσης διπλωματικής εργασίας, για την ανάθεση του θέματος και την καθοδήγησή του.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον διδάκτορα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, κύριο Αθανάσιο Μουσιάδη, για την αμέριστη βοήθεια και τις συμβουλές του σε επιστημονικά, και όχι μόνο, πεδία.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ερευνητικό πρόβλημα

Η ανάπτυξη και η ανάδειξη ενός πολιτισμού είναι άμεσα συνδεδεμένες με την αυξημένη κατά κεφαλήν ενεργειακή κατανάλωση. Γενικά, θεωρείται ότι η ενέργεια είναι ζωτικής σημασίας για την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη και βελτίωση της ποιότητας ζωής. Η ενέργεια, από την παραγωγή και διαχείριση ενεργειακών πόρων μέχρι και την κατανάλωση, είναι συστατικό απαραίτητο για κάθε λογής οικονομική δραστηριότητα. Για αυτό τον λόγο, η χάραξη της ενεργειακής πολιτικής έχει υψηλή προτεραιότητα στον σχεδιασμό της οικονομικής ανάπτυξης της κάθε χώρας (Arabatzis et al, 2012). Οι σοβαρές επιπτώσεις των απανωτών πετρελαϊκών κρίσεων κατά τη δεκαετία του 1970 στην παγκόσμια οικονομία, αλλά και η αλλοίωση του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασικών πηγών ενέργειας, συνέβαλαν στην ανάπτυξη μιας συγκεκριμένης πολιτικής για πιο ορθολογική χρήση της ενέργειας καθώς επίσης και για τη ανάπτυξη νέων πηγών ενέργειας με σκοπό την αντικατάσταση του πετρελαίου και άλλων ορυκτών καυσίμων (Koutroumanidis et al;2009). Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) ίσως είναι το κλειδί στο πρόβλημα, εφόσον συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο, διασφαλίζουν μακροπρόθεσμη επάρκεια, και βοηθούν στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο, οδηγώντας σε μια αειφόρο ανάπτυξη (Arabatzis et al, 2012).

Η νέα οδηγία για τις ΑΠΕ που ψηφίστηκε από τα κράτη μέλη της ΕΕ (2009/28/EC) αποσκοπεί στην αντικατάσταση μέχρι το 2020 του 20% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στην ΕΕ από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθώς επίσης 20% μείωση των αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 και μείωση κατά 20% στην κατανάλωση ενέργειας, μέσω της βελτίωσης της αποδοτικότητας στις μεθόδους παραγωγής της.

Από τεχνικοοικονομικής άποψης η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα την πλέον συμφέρουσα ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, δεδομένου ότι ήδη το κόστος της παραγόμενης αιολικής KWh συναγωνίζεται το κόστος της συμβατικής KWh, χωρίς μάλιστα να συμπεριληφθεί το κοινωνικό και περιβαλλοντικό κόστος από την παραγωγή ενέργειας.

Στην Ελλάδα, η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, αντιμετωπίζει μέχρι τώρα αρκετά προβλήματα κυρίως από το νομοθετικό καθεστώς και το μονοπωλιακό μοντέλο της οικονομίας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για τον καθορισμό μιας ολοκληρωμένης πολιτικής για την εγκατάσταση μονάδων εκμετάλλευσης ΑΠΕ, ικανοποιώντας την ανάγκη για ορθολογικό σχεδιασμό και προγραμματισμό στη χωροθέτηση τους, θεσπίστηκε το ειδικό χωροταξικό πλαίσιο που καθορίζει τις βασικές κατευθύνσεις και τους γενικούς κανόνες για τη χωροθέτηση έργων ΑΠΕ στο σύνολο του εθνικού χώρου.

Η πληθώρα των παραγόντων που υπεισέρχονται στη διαδικασία χωροθέτησης καθιστά αναγκαία τη χρήση ισχυρών υπολογιστικών συστημάτων (Νάκου,2007). Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών έχουν σχεδιαστεί για την αποθήκευση, διαχείριση, ανάλυση και χαρτογράφηση γεωγραφικών δεδομένων. Υποστηρίζουν λοιπόν χωροθετήσεις λειτουργιών μικρής αλλά και μεγάλης κλίμακας. Παράλληλα, είναι αναγκαία για την υλοποίηση των μεθόδων χωρικής ανάλυσης, διότι η ανάλυση χώρου καθορίζεται από τη διαχείριση των χωρικών στοιχείων που είναι οργανωμένα σε αυτά (Church, 2002).

1.2 Σκοπός και αντικείμενο της εργασίας

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ) και τηλεπισκόπησης στο σχεδιασμό εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας μέσω της χωροθέτησης αιολικού πάρκου στη Ζάκυνθο. Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού θα γίνει κατασκευή και ανάλυση ενός χωρικού τεχνικού μοντέλου για την εφαρμογή των νομικών περιορισμών για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και ειδικότερα του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης . Για την καλύτερη εφαρμογή της παραπάνω διαδικασίας θα γίνει χρήση και δορυφορικών εικόνων.

1.3 Δομή της εργασίας

Η εργασία αναπτύσσεται στα εξής κεφάλαια:

Στο **πρώτο** κεφάλαιο τίθεται το ερευνητικό πρόβλημα και παρουσιάζονται ο σκοπός και οι στόχοι της εργασίας, καθώς και η δομή της.

Στο **δεύτερο** κεφάλαιο γίνεται μία καταγραφή των χαρακτηριστικών των ΑΠΕ και της αναγκαιότητας της χρήσης τους. Επιπρόσθετα, γίνεται η καταγραφή τόσο των εθνικών, όσο και των ευρωπαϊκών στόχων που έχουν τεθεί. Τέλος γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στην αιολική ενέργεια, στην εξέλιξη της σε Ευρώπη και Ελλάδα, καθώς και στα τεχνικά χαρακτηριστικά μιας ανεμογεννήτριας.

Στο **τρίτο** κεφάλαιο γίνεται μια προσέγγιση στον χωροταξικό σχεδιασμό σε Ελλάδα και Ευρώπη. Συγκεκριμένα αναφέρεται η νομοθεσία που διέπει τις ΑΠΕ και αναλύονται τα νομικά κριτήρια και οι περιορισμοί τους για τη χωροθέτηση αιολικών πάρκων.

Στο **τέταρτο** κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μέθοδοι και τεχνικές χωροθέτησης αιολικών πάρκων. Περιγράφεται η τεχνολογία των ΓΣΠ και της Τηλεπισκόπησης καθώς και ο ρόλος τους στην προσέγγιση χωρικών προβλημάτων καθώς και η συμβολή τους.

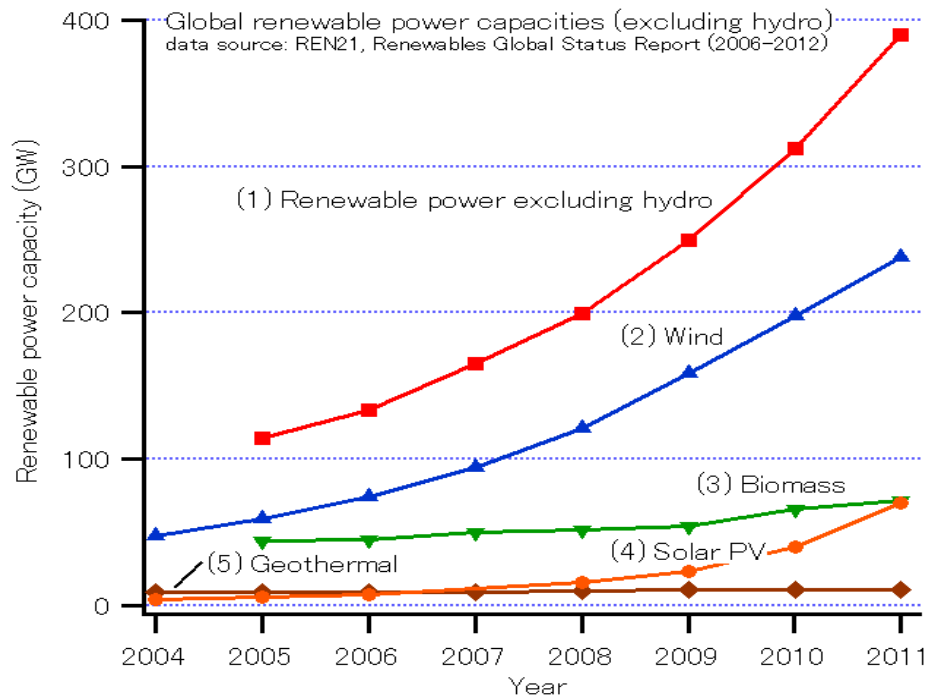
Στο **πέμπτο** κεφάλαιο, που αποτελεί και το κύριο κεφάλαιο της εργασίας, παρουσιάζεται το μεθοδολογικό πλαίσιο που θα εφαρμοστεί, αναλύεται η περιοχή μελέτης, αναφέρονται τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται και οι πηγές αυτών καθώς και η προεξέγερση που έγινε. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα με τη μορφή χαρτών.

2. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Με τον όρο ανανεώσιμες μορφές ενέργειας αντιπροσωπεύονται οι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Επιπρόσθετα, πρόκειται για καθαρές μορφές ενέργειας, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα (<http://el.wikipedia.org>).

Οι ΑΠΕ συμβάλλουν στο 16% της παραγωγής της παγκόσμιας πρωτογενούς ενέργειας, και προέρχονται κατά κύριο λόγο από μεγάλες υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις και από τη χρήση παραδοσιακών μορφών βιομάζας και την εκμετάλλευση των αποβλήτων (Renewables 2011: Global Status Report).

Η αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας και η επακόλουθη συνολική μείωση των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων καθώς επίσης και η καταστροφή του περιβάλλοντος ανοίγουν διάπλατα τον δρόμο για τις ΑΠΕ αφού αποτελούν μία από τις πιο αποδοτικές και αποτελεσματικές λύσεις για να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ προσφοράς και ζήτησης, πράγμα που είναι εμφανές και στον τρόπο που αναπτύσσεται ο τομέας των ΑΠΕ (<http://www.ren21.net>).



Διάγραμμα 1: Global renewable power capacity excluding hydro (Πηγή:<http://www.ren21.net>).

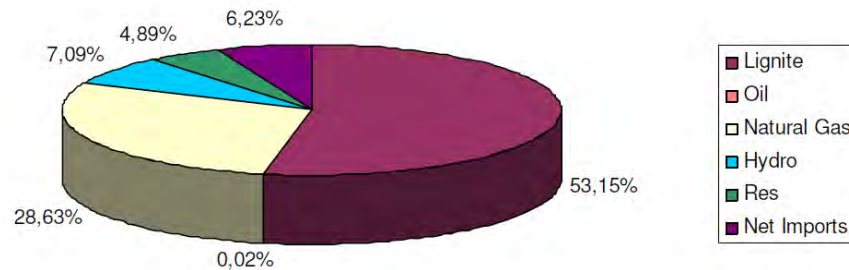
Η νέα οδηγία για τις ΑΠΕ που ψηφίστηκε από τα κράτη μέλη της ΕΕ (2009/28/EC) αποσκοπεί στην αντικατάσταση μέχρι το 2020 του 20% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στην ΕΕ από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθώς επίσης 20% μείωση των αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 και μείωση κατά 20% στην κατανάλωση ενέργειας, μέσω της βελτίωσης της αποδοτικότητας στις μεθόδους παραγωγής της. Το ποσοστό αυτό θα επιμερίζεται μεταξύ των χωρών της ΕΕ, λαμβάνοντας υπόψη την ενεργειακή κατάσταση και των προοπτικών της κάθε χώρας. Ωστόσο, είναι υποχρεωτικό για κάθε χώρα να αντικαταστήσει το 10% των καυσίμων για τις μεταφορές με τα βιοκαύσιμα (με εξαίρεση τις Κύπρο και Μάλτα, όπου μεγάλο κομμάτι των συγκοινωνιών τους βασίζεται στην αεροπλοΐα, στην οποία απαγορεύεται η χρήση βιοκαυσίμων (Directive 2009/28/EC). Συγκεκριμένα για την Ελλάδα και σύμφωνα με το εθνικό σχέδιο δράσης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (National Renewable Energy Action Plan; NREAP) που υποβλήθηκε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή τον Ιούνιο του 2010, το 18% που ορίζεται από την προαναφερθείσα οδηγία 2009/28/EC, μετατράπηκε σε 20% κάτι που αντιστοιχεί στο 40% της συνολικής εθνικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (NREAP, 2010; Kambezidis et al, 2012).

	Share of energy from renewable sources in gross final consumption of energy, 2005 (S ₂₀₀₅)	Target for share of energy from renewable sources in gross final consumption of energy, 2020 (S ₂₀₂₀)
Belgium	2,2 %	13 %
Bulgaria	9,4 %	16 %
Czech Republic	6,1 %	13 %
Denmark	17,0 %	30 %
Germany	5,8 %	18 %
Estonia	18,0 %	25 %
Ireland	3,1 %	16 %
Greece	6,9 %	18 %
Spain	8,7 %	20 %
France	10,3 %	23 %
Italy	5,2 %	17 %
Cyprus	2,9 %	13 %
Latvia	32,6 %	40 %
Lithuania	15,0 %	23 %
Luxembourg	0,9 %	11 %
Hungary	4,3 %	13 %
Malta	0,0 %	10 %
Netherlands	2,4 %	14 %
Austria	23,3 %	34 %
Poland	7,2 %	15 %
Portugal	20,5 %	31 %
Romania	17,8 %	24 %
Slovenia	16,0 %	25 %
Slovak Republic	6,7 %	14 %
Finland	28,5 %	38 %
Sweden	39,8 %	49 %
United Kingdom	1,3 %	15 %

Πίνακας 1: Ποσοστό ΑΠΕ στην συνολική εθνική παραγωγή ενέργειας (2005) καθώς επίσης και στόχοι των χωρών μελών για το (2020) (Πηγή: Directive 2009/28/EC).

Εντούτοις, σύμφωνα με αποτελέσματα μελέτης, οι στόχοι αυτοί φαντάζουν με διάφορα σενάρια απίθανο να επιτευχθούν, τουλάχιστον όσον αφορά την ηπειρωτική χώρα με αποκλεισμό των μεγάλης-κλίμακας σταθμών υδροηλεκτρικής ενέργειας (Kambezidis et al, 2012). Στην Ελλάδα το μερίδιο παραγωγής από ΑΠΕ για το 2011 ήταν μόλις 4.9% εξαιρουμένου των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων που έφτασαν το 7.1% δείχνοντας όμως αύξηση της τάξης του 23% σε σύγκριση με το 2010.

Production Allocation



Διάγραμμα 2: Μερίδιο αγοράς για το 2011 (Πηγή: National Report RAE 2012).

	2010 (TWh)	2011 (TWh)	% difference
Lignite	27.44	27.57	0.47
Fuel Oil	0.11	0.009	-91.82
Natural Gas	10.36	14.85	43.34
Large Hydro	6.70	3.68	-45.07
RES	2.04	2.53	24.02
Net Imports	5.70	3.23	-43.33
Total	52.35	51.87	-0.92

Πίνακας 2: Αλλαγές στην παραγωγή σε σχέση με το έτος 2012(Πηγή: National Report RAE).

Από την άλλη, η σημαντική αύξηση στην παραγωγή από ΑΠΕ (κυρίως λόγω του τομέα των φωτοβολταϊκών συστημάτων) καθώς επίσης και η μείωση της τιμής χονδρικής αγοράς (wholesale market price; SMP), οδήγησαν σε ένα διευρυνόμενο έλλειμμα στον ειδικό λογαριασμό ΑΠΕ, με κατ' επέκταση την κατακόρυφη αύξηση της εισφοράς ενεργειακής παραγωγής ΑΠΕ από 0,30 €/MWh το 2006 σε 4,6 €/MWh για υψηλή τάση και 8,7 €/MWh για εγχώριους πελάτες για το 2012 (National Report RAE, 2012).

2.1 Αιολική Ενέργεια

Αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Η ενέργεια αυτή χαρακτηρίζεται ως «ήπια μορφή ενέργειας» και περιλαμβάνεται στις «καθαρές» πηγές όπως συνηθίζονται να λέγονται οι πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους. Ονομάζεται αιολική γιατί στην ελληνική μυθολογία ο Αίολος ήταν ο θεός του ανέμου. Προέρχεται από μετατροπή ενός μικρού ποσοστού της ηλιακής ενέργειας ($\sim 0,2\%$), που φτάνει στο έδαφος του πλανήτη μας, σε κινητική ενέργεια του ανέμου. Η ισχύς του ανέμου σε ολόκληρο τον πλανήτη μας εκτιμάται σε $3,6 \cdot 10^9$ MW, ενώ σύμφωνα με εκτιμήσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Μετεωρολογίας, ποσοστό περίπου 1% της αιολικής ενέργειας, που ανέρχεται σε 0,6Q (ή $175 \cdot 10^{12}$ KWh) είναι διαθέσιμο για ενεργειακή αξιοποίηση σε διάφορα μέρη του κόσμου.



Εικόνα 1: Αιολικό πάρκο στη Σκωτία (Πηγή: <http://www.evwind.es> - UK: Stornoway onshore wind farm given green light - 07/09/2012).

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας χάνεται στα βάθη της ιστορίας. Ο εγκλωβισμός, κατά τον Όμηρο, των ανέμων στον ασκό του Αιόλου δείχνει ακριβώς την ανάγκη των ανθρώπων να διαθέτουν τους ανέμους στον τόπο και χρόνο που οι ίδιοι θα ήθελαν. Για πολλές εκατοντάδες χρόνια η κίνηση των πλοίων στηριζόταν στη δύναμη του ανέμου, ενώ η χρήση του ανεμόμυλου ως κινητήριας μηχανής εγκαταλείπεται μόλις στα μέσα του προηγούμενου αιώνα. Είναι η εποχή που εξαπλώνονται ραγδαία τα συμβατικά καύσιμα και ο ηλεκτρισμός, ο οποίος φτάνει ως τα πιο απομακρυσμένα

σημεία. Η πετρελαϊκή κρίση στις αρχές της δεκαετίας του 70, φέρνει ξανά στο προσκήνιο τις ΑΠΕ και την αιολική ενέργεια.

Στο διάστημα μέχρι σήμερα, σημειώνεται μια αλματώδης ανάπτυξη, κάτι που ενισχύεται και από την επιτακτική ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος. Γίνεται πλέον συνείδηση σε όλο και περισσότερο κόσμο, πως ο άνεμος είναι μια καθαρή ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Τα σύγχρονα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αφορούν κυρίως μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια και ονομάζονται «ανεμογεννήτριες».

Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το «καύσιμο» είναι άφθονο, αποκεντρωμένο και δωρεάν. Δεν εκλύονται αέρια θερμοκηπίου και άλλοι ρύποι, και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα. Επίσης, τα οικονομικά οφέλη μιας περιοχής από την ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας είναι αξιοσημείωτα. Η κινητική ενέργεια που παράγεται από τη δύναμη του ανέμου μετατρέπεται σε απολήψιμη μηχανική ή/και ηλεκτρική ενέργεια, μέσω των ανεμογεννητριών. Οι άνεμοι, δηλαδή οι μεγάλες μάζες αέρα που μετακινούνται με ταχύτητα από μία περιοχή σε κάποια άλλη, οφείλονται στην ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της Γης από την ηλιακή ακτινοβολία. Η κινητική ενέργεια των ανέμων είναι τόση που, με βάση τη σημερινή τεχνολογία εκμετάλλευσής της, θα μπορούσε να καλύψει πάνω από δύο φορές τις ανάγκες της ανθρωπότητας σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι πλέον ευνοημένες περιοχές του πλανήτη μας από πλευράς αιολικού δυναμικού είναι οι χώρες της πολιτικής και εύκρατης ζώνης, ιδιαίτερα κοντά στις ακτές.

Από τεχνικοοικονομικής άποψης η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα την πλέον συμφέρουσα ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, δεδομένου ότι ήδη το κόστος τη παραγόμενης αιολικής KWh συναγωνίζεται το κόστος της συμβατικής KWh, χωρίς μάλιστα να συμπεριληφθεί το κοινωνικό και περιβαλλοντικό κόστος από την παραγωγή ενέργειας. Για το λόγο αυτό τα τελευταία χρόνια γίνονται σοβαρές επενδύσεις στον τομέα της αιολικής ενέργειας, τόσο από δημόσιους όσο και από ιδιωτικούς φορείς, κυρίως στις πιο ανεπτυγμένες χώρες του πλανήτη μας. Από την άλλη, αντιπαρατίθεται το γεγονός ότι η αιολική ενέργεια δεν είναι ακριβώς προβλέψιμη, ούτε και συνεχής, ενώ παράλληλα είναι μια μορφή ενέργειας χαμηλής πυκνότητας, γεγονός που μας υποχρεώνει σε μεγαλύτερες κατασκευές.

Αν και ο άνεμος ποικίλλει με το χρόνο και τον τόπο και έχει μεταβαλλόμενη ένταση και διεύθυνση, η ενέργεια που μπορεί να προέλθει τελικά από αυτόν είναι τεράστια. Σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία, η διεύθυνση, η ταχύτητα και η διάρκεια του ανέμου ποικίλλουν ανάλογα με την τοπική τοπογραφία, το γεωγραφικό πλάτος και τη θερμοκρασιακή μεταβολή στην ατμόσφαιρα. Για παράδειγμα, η ταχύτητα του ανέμου συχνά αυξάνει πάνω από πλαγιές λόφων ή βουνών ή από το άνοιγμα μεταξύ αυτών. Η αύξηση της ταχύτητας του ανέμου πάνω από ένα βουνό οφείλεται σε μια κατακόρυφη σύγκλιση του ανέμου, ενώ αντίθετα η αύξηση της ταχύτητας δια μέσου μιας χαράδρας οφείλεται μερικώς σε μια οριζόντια σύγκλιση. Επειδή το σχήμα του βουνού ή της χαράδρας συνδέεται με τη γεωλογία, η προοπτική για αιολική ενέργεια αποτελεί ένα γεωλογικό και μετεωρολογικό πρόβλημα (Ahmed Duran Sahin, 2004).

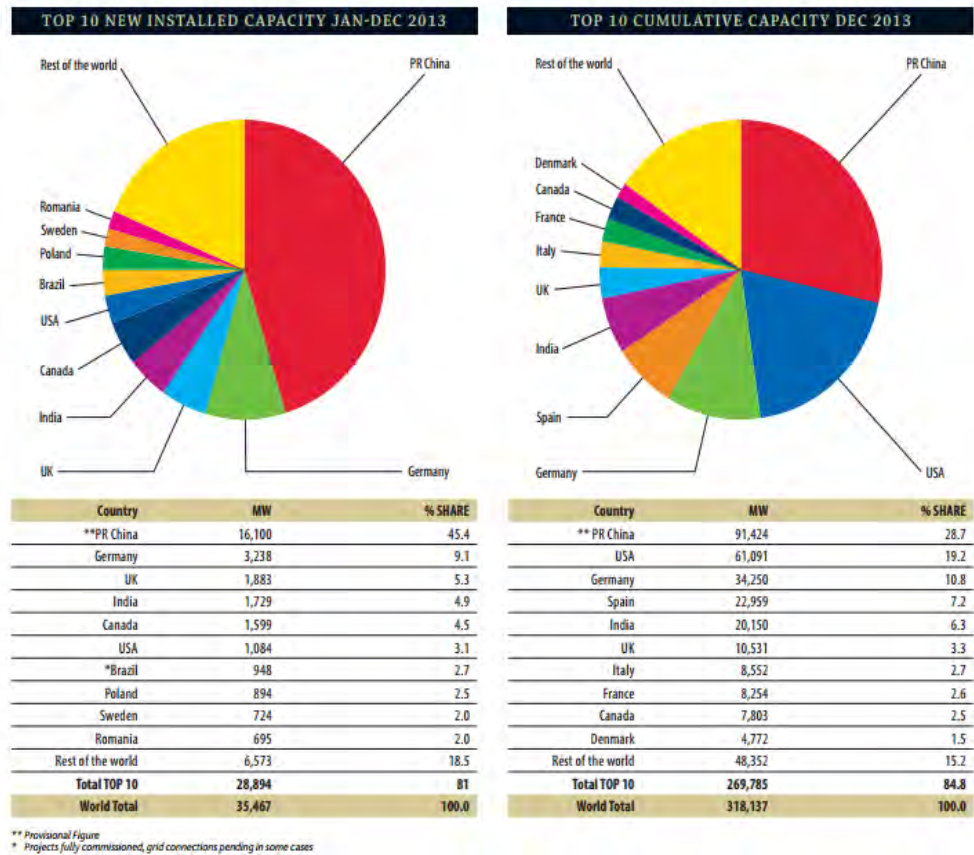
2.2 Η αιολική ενέργεια σε παγκόσμιο επίπεδο

Η αύξηση του πληθυσμού και των οικονομικών και παραγωγικών δραστηριοτήτων εξακολουθεί να οδηγεί σε ραγδαία αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης σε παγκόσμια κλίμακα. Σύμφωνα με στοιχεία του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (IEA), ανάμεσα στο 1973 και το 2006 η συνολική πρωτογενής τροφοδότηση ενέργειας για όλες τις χρήσεις σχεδόν διπλασιάστηκε και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υπερτριπλασιάστηκε (στην πλειονότητά της, προερχόμενη από ορυκτά καύσιμα– λιθάνθρακα, λιγνίτη, κάρβουνο, πετρέλαιο κλπ.).

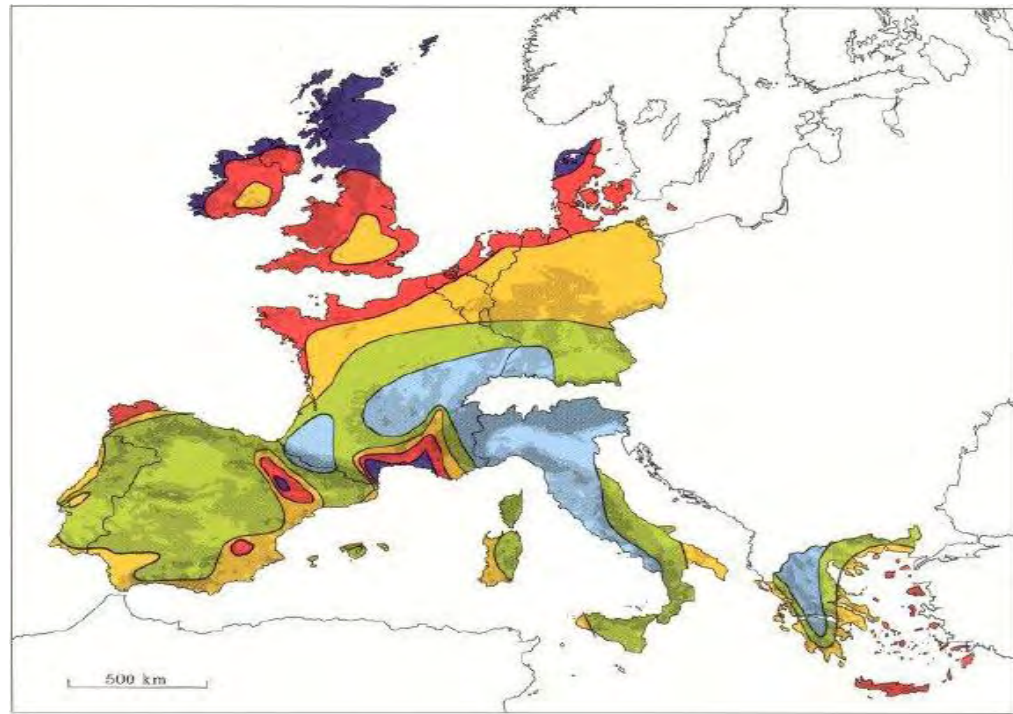
Μέχρι το τέλος του 2011, η εγκατεστημένη ισχύς της αιολικής ενέργειας παγκοσμίως ανήλθε σε 237 GW καθώς καλύψε το 3% της παγκόσμιας ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια και σύντομα θα παρέχει περισσότερο ηλεκτρικό ρεύμα από τα πυρηνικά εργοστάσια. Σύμφωνα με στοιχεία που δημοσιοποίησε η Παγκόσμια Ένωση Αιολικής Ενέργειας, η συνολική ισχύς από τις νέες ανεμογεννήτριες που εγκαταστάθηκαν πέρυσι έφτασε τα 40 GW. Στο μεταξύ το αιολικό δυναμικό μεγαλώνει όλο και περισσότερο. Κάθε χρόνο οι ανεμογεννήτριες αυξάνονται κατά 20% και η Παγκόσμια Ένωση Αιολικής Ενέργειας προβλέπει ότι η αιολική ισχύς θα τετραπλασιαστεί στα 1.000 GW μέχρι το 2020.

Σε απόλυτους όρους, η Κίνα έχει αναδειχθεί σε ηγετική δύναμη στον τομέα της αιολικής ενέργειας, παράγοντας το 50% της νέας ισχύος και αφήνοντας πίσω ΗΠΑ και Γερμανία. Ωστόσο οι ευρωπαϊκές χώρες, μεταξύ των οποίων Δανία, Ισπανία και Γερμανία, ξεπερνούν την Κίνα στην αιολική ενέργεια κατά κεφαλήν. Η αιολική ενέργεια καλύπτει το 20% της ζήτησης για ενέργεια στην Ισπανία και τη Δανία, ενώ στη

Γερμανία το ποσοστό αυτό ανέρχεται σε 10% και αναμένεται να φτάσει το 25% μέχρι το 2020 (<http://www.econews.gr/2012/07/03> - Παγκόσμιο Συνέδριο Αιολικής Ενέργειας στη Βόννη).



Διάγραμμα 3: Global wind statistics 2013 (Πηγή: Global Wind Energy Council 2012).



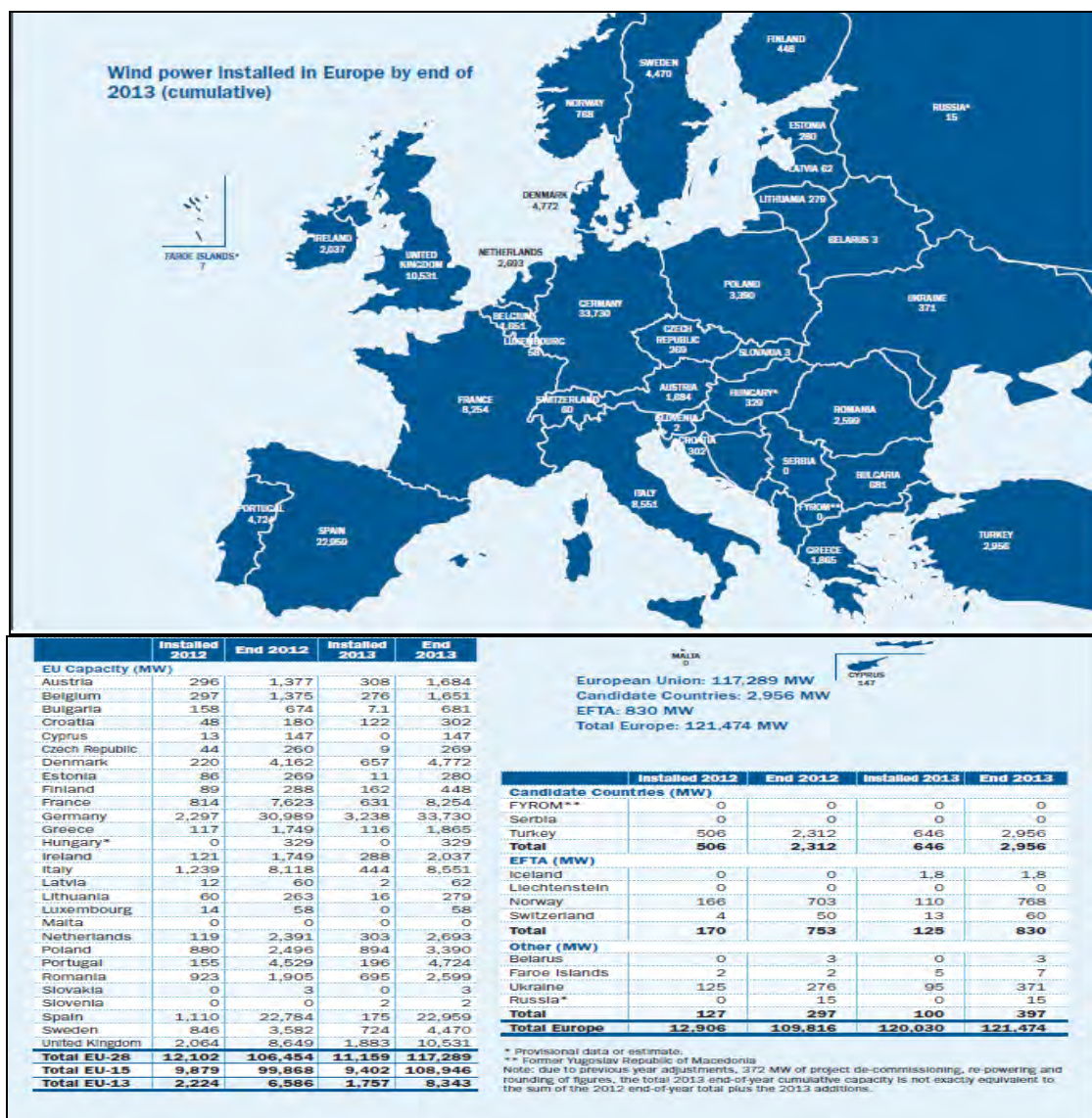
Wind resources ¹ at 50 metres above ground level for five different topographic conditions									
Sheltered terrain ²		Open plain ³		At a sea coast ⁴		Open sea ⁵		Hills and ridges ⁶	
m s^{-1}	Wm^{-2}	m s^{-1}	Wm^{-2}	m s^{-1}	Wm^{-2}	m s^{-1}	Wm^{-2}	m s^{-1}	Wm^{-2}
> 6.0	> 250	> 7.5	> 500	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 11.5	> 1800
5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	300-500	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0-8.5	400-700
< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400

Εικόνα 2: Αιολικός χάρτης της Ευρώπης (Πηγή: www.windatlas.dk/Europe).

Τα αιολικά πάρκα που εγκαταστάθηκαν στην Ευρωπαϊκή Ένωση (αξίας περίπου από € 13 δις μέχρι και € 18 δις) κατά τη διάρκεια του 2013 είχαν μια μείωση της τάξης του 8 % σε σύγκριση με το 2012.

Σύμφωνα με δημοσίευμα του Διεθνή Συνδέσμου Αιολικής Ενέργειας (WWEA) η αιολική ενέργεια είναι η τεχνολογία που έχει το 2013 εγκαταστήσει το 32 % του συνόλου των εγκαταστάσεων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το ποσοστό αυτό είναι κατά πέντε ποσοστιαίες μονάδες υψηλότερος από ό, τι κατά τη διάρκεια του προηγούμενου έτος. Μέχρι στιγμής υπάρχουν αιολικά πάρκα με 117,3 GW εγκατεστημένης ισχύος αιολικής ενέργειας στην ΕΕ από αυτά τα 110,7 GW είναι από αιολικά στην ξηρά και τα 6,6 GW από υπεράκτιες αιολικές εγκαταστάσεις .Η Γερμανία παραμένει η χώρα της ΕΕ με τη μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ κι ακολουθεί η Ισπανία , το Ηνωμένο Βασίλειο και η Ιταλία . Δεκαπέντε χώρες της ΕΕ έχουν πάνω από 1 GW εγκατεστημένης ισχύος , μεταξύ των οποίων δύο νέες χώρες της ΕΕ (Πολωνία και Ρουμανία) , ενώ οκτώ χώρες τις ΕΕ έχουν πάνω από 4 GW .Η οικονομική αστάθεια

σε ολόκληρη την Ευρώπη τα τελευταία χρόνια συνέβαλε ώστε το 46 % όλων των νέων εγκαταστάσεων του 2013 να συγκεντρωθεί σε μόλις δύο χώρες (Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο). Αυτό το ποσοστό δεν το έχει ξανά δει η αγορά της αιολικής ενέργειας της ΕΕ, ούτε ακόμα και το 2007 όταν οι τρεις πρωτοπόρες χώρες αιολικής ενέργειας (Δανία , Γερμανία και Ισπανία) αντιπροσώπευαν μαζί το 58 % όλων των νέων εγκαταστάσεων του ίδιου έτους . Ενώ μια σειρά από προηγούμενες υγιείς αγορές αιολικής ενέργειας όπως η Ισπανία , η Ιταλία και η Γαλλία είδαν το ποσοστό των εγκαταστάσεων αιολικής ενέργειας να μειώνεται σημαντικά το 2013 στο 84 % , 65% και 24 % αντίστοιχα (www.ewea.org).



Εικόνα 3: Εγκατεστημένη ισχύς αιολική ενέργεια στην Ε.Ε το 2013 (πηγή THE EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION).

2.3 Η αιολική ενέργεια στην Ελλάδα

Μεταξύ των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας η αιολική ενέργεια αναμένεται να συνεισφέρει το μεγαλύτερο μέρος στην Ελλάδα αφού ευνοείται με εξαιρετικό αιολικό δυναμικό το οποίο καθορίζεται από την μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου που σε κάποιες περιπτώσεις υπερβαίνει τα 8 m / s.

Σήμερα, στην Ελλάδα, η κύρια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από λιγνίτη και από εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, ενώ η συνεισφορά των ΑΠΕ στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο εξακολουθεί να παραμένει μικρό (δηλαδή σχεδόν το 6% του ακαθάριστου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας).

Εν τω μεταξύ, η εγκατεστημένη ισχύς των αιολικών πάρκων στη χώρα έχει υπερβεί το 1 GW , από το οποίο περίπου τα 250 MW χρησιμοποιούνται για να παρέχουν ενέργεια στα μη διασυνδεδεμένα ελληνικά νησιά. Σε επίπεδο Περιφερειών, η Στερεά Ελλάδα παραμένει στην κορυφή των αιολικών εγκαταστάσεων, αφού φιλοξενεί 521,3 MW (32%) και ακολουθεί η Πελοπόννησος, με 300,3 MW (18,5%), που έχει περάσει την Ανατολική Μακεδονία - Θράκη με 240,6 MW (14,8%) (www.elatean.gr).

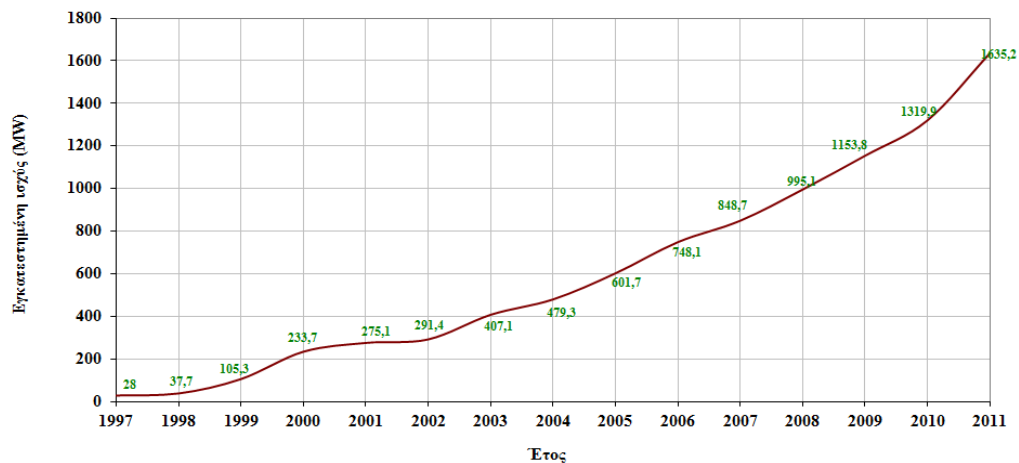
Στην Ελλάδα, η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, αντιμετωπίζει μέχρι τώρα αρκετά προβλήματα. Παρά τη σημαντική αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος τα τελευταία χρόνια, είναι κοινά αποδεκτό ότι αυτή η αύξηση είναι πολύ μικρή δεδομένου του πλούσιου αιολικού δυναμικού της χώρας μας.

Κύριος λόγος για τη μικρή ανάπτυξη μέχρι το 2001 ήταν το νομοθετικό καθεστώς και το μονοπωλιακό μοντέλο της οικονομίας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μετά τις νομοθετικές αλλαγές στο χώρο των ΑΠΕ και την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, η κατάσταση βελτιώθηκε σημαντικά. Η Ελλάδα εφαρμόζει το σύστημα feed- in (υψηλές τιμές πώλησης της παραγόμενης ενέργειας) και η νομοθεσία προσφέρει επιπλέον αρκετά ικανοποιητικά κίνητρα για τους επενδυτές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το αυξημένο ενδιαφέρον των επενδυτών για ανάπτυξη πολλών MW αιολικής ενέργειας. Όμως το επενδυτικό ενδιαφέρον είναι φανερό ότι δεν είναι αρκετό.

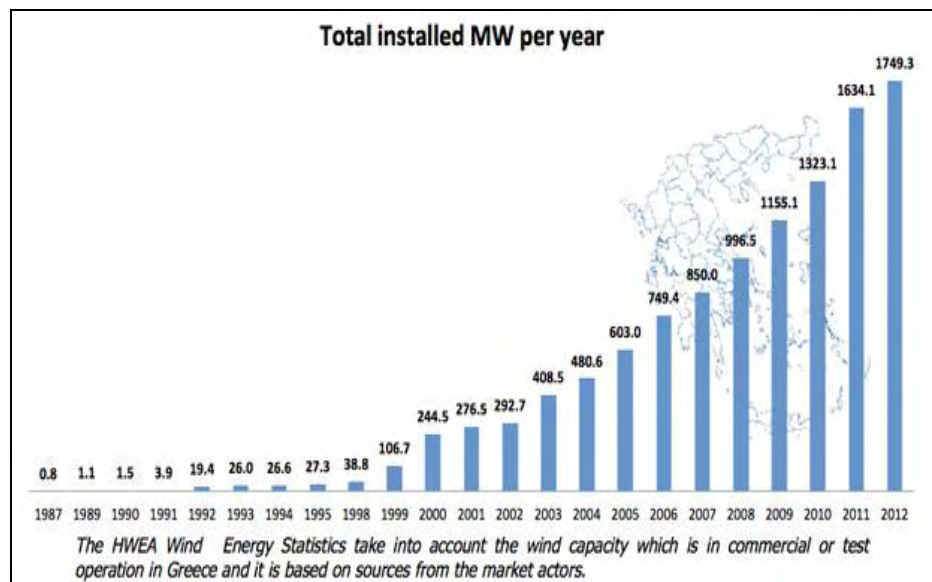
Χαρακτηριστικά, ο στόχος της χώρας μας για το 2010 ως προς την ηλεκτροπαραγωγή από αιολική ενέργεια ήταν η εγκατεστημένη ισχύς να φτάσει περίπου τα 3500MW ενώ στο τέλος του 2010 η πραγματικά εγκατεστημένη ισχύς ανήλθε μόλις στα 1320 MW. Είναι φανερό ότι σε μια χώρα για την οποία υπάρχει στόχος και καλή θέληση ενώ και οι επενδυτικές προτάσεις δεν είναι λίγες, η ανάπτυξη των αιολικών πάρκων καθυστερεί σημαντικά, με αποτέλεσμα, ο στόχος να έχει πλέον μετατεθεί για το

2020 με εγκατεστημένη ισχύ που θα πρέπει να φτάσει περίπου τα 7500 MW. Οι προβλέψεις μέχρι τώρα δεν είναι ευοίωνες, οι καθυστερήσεις στην έκδοση αδειών παραγωγής και εγκατάστασης είναι σημαντικές και οι προβλέψεις είναι συγκρατημένες. Κύριοι λόγοι για αυτές τις καθυστερήσεις είναι, η, τουλάχιστον μέχρι το 2009, μακροσκελής και περίπλοκη αδειοδοτική διαδικασία, η αδυναμία του δικτύου σε πολλές περιπτώσεις (π.χ. Εύβοια, Κρήτη) να υποστηρίξει επιπλέον εγκατεστημένη ισχύ, οι αντιδράσεις των κατοίκων κυρίως για θέματα οπτικής όχλησης και η έλλειψη χωροταξικού σχεδιασμού (Hatziaargyriou et al., 2006; Kabouris and Hatziaargyriou, 2006; Kaldellis and Kavadias, 2004; Papadopoulos et al., 2008) τα παραπάνω προβλήματα έχουν τεθεί υπό συζήτηση και έχουν καταβληθεί σημαντικές προσπάθειες για την επίλυση τους, όπως η δημιουργία, αρχικά, του νόμου 3468/2006, ο οποίος απλοποίησε κατά ένα μέρος τον τρόπο λήψης άδειας παραγωγής, και, σε δεύτερη φάση, του νόμου 3851/2010 ο οποίος έχει επιταχύνει σημαντικά την αδειοδοτική διαδικασία (ιδιαίτερα στο τμήμα της περιβαλλοντικής αδειοδότησης) (www.ypeka.gr), χωρίς όμως να λείπουν και σε αυτή την περίπτωση κενά ή αντικρουόμενες αρμοδιότητες μεταξύ κρατικών φορέων. Επίσης, έχουν δρομολογηθεί επεκτάσεις και ενισχύσεις του δικτύου μεταφοράς ρεύματος, ένα έργο το οποίο ενδέχεται να βοηθήσει μακροπρόθεσμα και την αδειοδότηση αλλά και την γρήγορη εισαγωγή των έργων αιολικής ενέργειας στο δίκτυο. Τα προβλήματα των κοινωνικών αντιδράσεων, εφόσον αυτά οφείλονται σε οπτική όχληση από την ύπαρξη των ανεμογεννητριών είναι πάντα δύσκολο να αντιμετωπιστούν, υπό την έννοια ότι το αν σε κάποιον αρέσει ή όχι η όψη μιας ανεμογεννήτριας είναι κάτι το υποκειμενικό. Παρόλα αυτά σε πρόσφατη δημοσίευση της EWEA η Ελλάδα βρέθηκε στη δέκατη θέση της κατάταξης, βάση των νέων εγκαταστάσεων αιολικών πάρκων, μεταξύ των 27 κρατών μελών της Ε.Ε. το 2011, με επιπλέον παραγωγή 311 MW από τα νέα πάρκα που ξεκίνησαν να λειτουργούν το 2011.

Εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα 1997-2011



Διάγραμμα 4: Εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα 1997- 2011.



Διάγραμμα 5: Εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα 1987- 2012.

Με ελάχιστες διαφοροποιήσεις σε σχέση με την προηγούμενη ανακοίνωση, η ΕΛΕΤΑΕΝ οριστικοποίησε την Στατιστική της αγοράς αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα για το 2012 (HWEA Wind Statistics – HWD2012). Με βάση την οριστική Στατιστική HWD2012, το σύνολο της αιολικής ισχύος που κατά τα τέλη του 2012 βρισκόταν σε εμπορική ή δοκιμαστική λειτουργία είναι: **1749,3 MW**. Η ισχύς αυτή κατανέμεται ως εξής:

Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά : **287,9 MW**

Στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα: **1461,4 MW**

Η νέα αιολική ισχύς που εγκαταστάθηκε το 2012 ήταν **116,6 MW**. Απεγκαταστάθηκαν μονάδες συνολικής ισχύος 1,4 MW. Έτσι η καθαρή αύξηση αιολικής ισχύος κατά το 2012 ήταν 115,2 MW. Ο ρυθμός ανάπτυξης σε σχέση με το τέλος του 2011 είναι **7%**, μειωμένος σε σχέση με το 23,5% που επιτεύχθηκε το 2011 που ήταν το καλύτερο έτος ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα. (<http://www.energyworld.gr>)

2.4 Η αιολική ενέργεια στα νησιά

Η παραγωγή ενέργειας στα νησιά σήμερα βασίζεται κυρίως στην Αυτονομία Σταθμών (APSS) που καταναλώνουν πετρέλαιο εσωτερικής καύσης (μαζούτ, ντίζελ), ενώ η συνεισφορά των ΑΠΕ αντιπροσωπεύει μόνο το 9% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτές τις περιοχές. Συγκεκριμένα, το 2008, η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα νησιά ήταν περίπου 6250 GW από το οποίο μόλις 580 GW προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας .

Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν πολλές περιοχές σε όλη την ελληνική επικράτεια που είναι ευνοϊκές για αιολικές επενδύσεις (Εύβοια, Θράκη, Κρήτη, Πελοπόννησος), η περίπτωση των μικρών νησιών του Αιγαίου έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για πολλούς λόγους. Πρώτον, τα νησιά αυτά παρουσιάζουν εξαιρετικό αιολικό δυναμικό κατά τη διάρκεια της αιχμής περιόδους του καλοκαιριού (Hatziargyriou et al, 2006, Kaldellis 2004, Kaldellis 2005) και δεύτερον, εμφανίζουν ετήσια αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό 8%, σχεδόν διπλάσιο από το ποσοστό στην ηπειρωτική χώρα (Hatziargyriou et al., 2006).

Παρόλα αυτά επιβραδύνεται η ανάπτυξη των εγκαταστάσεων αιολικής ενέργειας στα νησιά. Ένας από τους κύριους λόγους είναι η συμπεριφορά του ανέμου που έχει

οδηγήσει σε αυστηρούς περιορισμούς που επιβάλλονται για την προστασία των ηλεκτρικών πλεγμάτων από πιθανά προβλήματα αστάθειας. Πράγματι, όσο μικρότερο είναι το ηλεκτρικό δίκτυο, τόσο πιο δύσκολη είναι η διαχείριση της αιολικής ενέργειας (π.χ. νησιωτικές περιοχές ακόμη και με το μέγεθος της Κρήτης, δηλ. περίπου. 8300 km²). Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την αιολική ενέργεια είναι οι έντονες διακυμάνσεις της ζήτησης ηλεκτρικού φορτίου που αντιμετωπίζουν στην καθημερινή και ετήσια βάση τα νησιά. Η μέγιστη ζήτηση φορτίου του καλοκαιριού μπορεί να είναι έως και τέσσερις φορές μεγαλύτερη από την ελάχιστη ζήτηση φορτίου του χειμώνα, ενώ ακόμα και κατά τη διάρκεια της ίδιας ημέρας μπορεί κανείς να παρατηρήσει σημαντική διακύμανση του φορτίου της ζήτησης (J.K.Kaldellis,M.Kapsali,D.Tiligadas,2012).

Πρακτικώς, οι ανεμογεννήτριες πρέπει πάντοτε να έχουν την ικανότητα να καλύψουν σε σύντομο χρονικό διάστημα μια ξαφνική απώλεια της παραγωγής αιολικής ενέργειας έτσι ώστε να αποφευχθεί ένα μερικό ή συνολικό black-out. Επιπλέον, σύμφωνα με την ισχύουσα ελληνική νομοθεσία, η τοπική Διαχείριση του Συστήματος (ΔΕΣΜΗΕ) μπορεί να απορρίψει τη μετάδοση της αιολικής ενέργειας στην περίπτωση που δεν μπορεί να απορροφηθεί, π.χ. κατά τις ώρες χαμηλής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (δηλαδή διανυκτερεύσεις), ακόμη και όταν υπάρχει αυξημένη παραγωγή αιολικής ενέργειας (δηλαδή περιόδους υψηλής ταχύτητας του ανέμου) (J.K.Kaldellis,M.Kapsali,D.Tiligadas,2012). Κατά συνέπεια, είναι δύσκολο να επιτευχθεί αιολική ενέργεια με ποσοστό μεγαλύτερο από το 15% σε αυτόνομα ηλεκτρικά δίκτυα, εκτός εάν γίνει οικονομικά βιώσιμη με κάποιες τεχνικές αποθήκευσης ενέργειας (π.χ. αποθήκευση νερού με άντληση), η οποία είναι σε θέση να εκμεταλλευτεί τις πλεονάζουσες ποσότητες αιολικής ενέργειας που παράγονται από τα τοπικά αιολικά πάρκα (M.kapsali,J.S.Anagnostopoulos,J.K.Kaldellis,2012).

Σε πολλές περιπτώσεις, έχει χρησιμοποιηθεί ο συνδυασμός ανεμογεννητριών με υδροηλεκτρικά συστήματα, ενώ δεν είναι σπάνιος και ο συνδυασμός ανεμογεννητριών με φωτοβολταϊκά πλαίσια. Δύο από τα μεγαλύτερα έργα υβριδικής παραγωγής ενέργειας βρίσκονται στην Ικαρία και στο Ρέθυμνο. Πιο αναλυτικά, το υβριδικό σύστημα παραγωγής ενέργειας της Ικαρίας αποτελείται από δύο Μικρούς Υδροηλεκτρικούς Σταθμούς (ΜΥΗΣ Προεσπέρας, ισχύος 1,05 MW και ΜΥΗΣ Κάτω Προεσπέρας, ισχύος 3,1 MW), ένα αντλιοστάσιο (με 12 αντλίες των 250 KW έκαστη) και το Αιολικό Πάρκο Στραβοκουντούρας με τρεις ανεμογεννήτριες συνολικής ισχύος 2,7 MW. Η επιτυχής λειτουργία θα επιτρέψει μεγάλη αύξηση της διείσδυσης της

ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές στο ηλεκτρικό σύστημα του νησιού. Το δεύτερο έργο βρίσκεται στην περιοχή Αμάρι του Ρεθύμνου και αναμένεται να έχει συνολική ισχύ 50MW και να καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες του Ρεθύμνου κατά 65%, ενώ είναι δυνατή και η περαιτέρω ενεργειακή αναβάθμιση της ισχύος του υβριδικού σταθμού μέχρι τα 100MW. Το έργο αποτελείται από 2 αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 81MW, ένα αντλιοστάσιο με 10 αντλίες των 36MW εκάστη και ένα σταθμό ελεγχόμενης παραγωγής με ικανότητα παραγωγής 50MW και άντληση 108MW. Τέλος, αποτελείται και από δύο δεξαμενές, με την μια να βρίσκεται στο δήμο Ρεθύμνου και τη δεύτερη να είναι ο ταμιευτήρας του φράγματος ποταμών στο Δήμο Αμαρίου.



Εικόνα 4: Στρατηγική Μελέτη Διασύνδεσης Αυτόνομων νησιωτικών συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας – Προκαταρκτικές μελέτες, Πηγή: Μ. Παπαδόπουλος, et. al. ,Δεκέμβριος 2006.

2.5 Ανεμογεννήτριες

Η σημερινή τεχνολογία βασίζεται σε ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα 2 ή 3 πτερυγίων, με αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ 200 – 400kW. Οι ανεμογεννήτριες (Α/Γ) είναι μια αποδεδειγμένη και ώριμη τεχνολογία για παροχή μηχανικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχουν πολλών ειδών Α/Γ, οι οποίες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Τις Α/Γ με οριζόντιο άξονα, των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικας και στις οποίες ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται ώστε να βρίσκεται παράλληλα προς τον άνεμο και
- τις Α/Γ με κατακόρυφο άξονα, ο οποίος και παραμένει σταθερός.

Σήμερα στην παγκόσμια αγορά έχουν επικρατήσει οι Α/Γ οριζοντίου άξονα και οι βασικές συνιστώσες μιας τυπικής Α/Γ οριζοντίου άξονα είναι ο δρομέας, η γεννήτρια και ο πύργος.

Αναλυτικότερα, μια ανεμογεννήτρια έχει τα εξής κύρια μέρη:

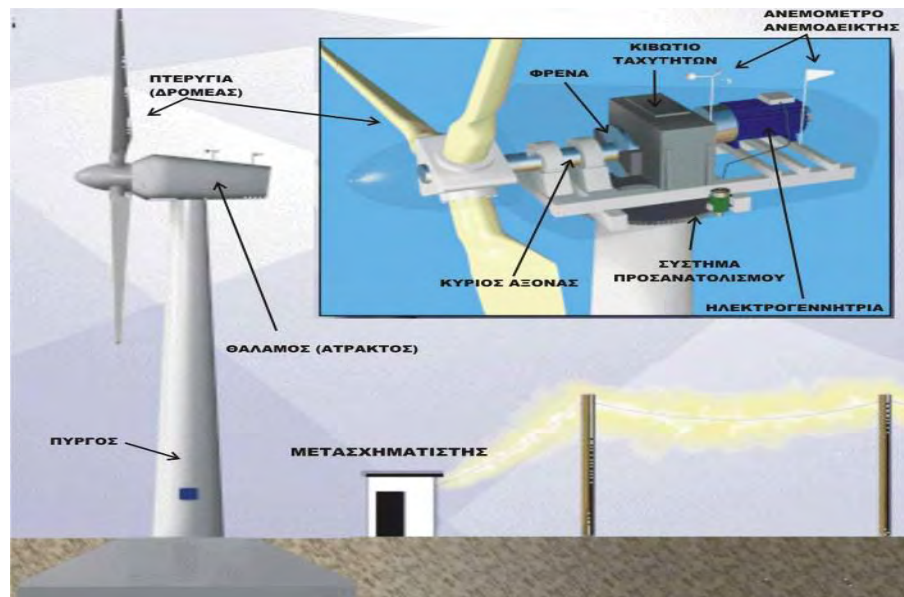
1. Τον πύργο: Είναι κυλινδρικής μορφής κατασκευασμένος από χάλυβα και συνήθως αποτελείται από δύο ή τρία συνδεδεμένα τμήματα. Είναι παρόμοιας κατασκευής με τους πύργους που στηρίζουν τα φώτα σε γήπεδα και εθνικούς δρόμους.

2. Τον θάλαμο που περιέχει τα μηχανικά υποσυστήματα (κύριος άξονας, σύστημα πέδησης, κιβώτιο ταχυτήτων και ηλεκτρογεννήτρια):

- Ο κύριος άξονας με το σύστημα πέδησης (φρένα) είναι παρόμοιος με τον άξονα των τροχών ενός αυτοκινήτου με υδραυλικά δισκόφρενα.
- Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι παρόμοιας κατασκευής με εκείνο του αυτοκινήτου μας με την διαφορά ότι έχει μόνον μια σχέση.
- Η ηλεκτρογεννήτρια είναι παρόμοια με αυτές που χρησιμοποιούνται από τη ΔΕΗ στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη ή με τις γεννήτριες που έχουμε στα εξοχικά μας.

3. Ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου ασφαλούς λειτουργίας. Αποτελούνται από ένα ή περισσότερα υποσυστήματα μικροελεγκτών και «φροντίζουν» για την εύρυθμη και ασφαλή λειτουργία της ανεμογεννήτριας σε όλες τις συνθήκες.

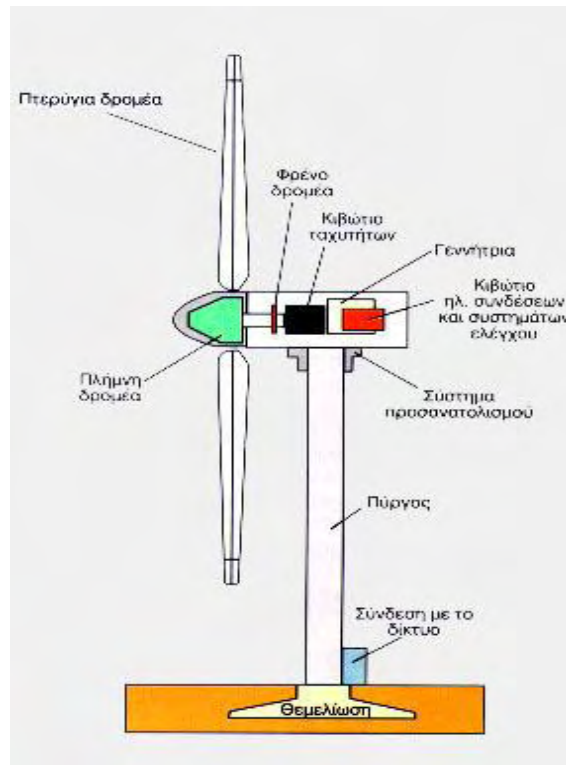
4. Τα πτερύγια είναι κατασκευασμένα από σύνθετα υλικά (υαλονήματα και ειδικές ρητίνες), παρόμοια με αυτά που κατασκευάζονται τα ιστιοπλοϊκά σκάφη. Είναι δε σχεδιασμένα για να αντέχουν σε μεγάλες καταπονήσεις.



Εικόνα 5 : Κύρια μέρη μιας ανεμογεννήτριας.

«Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για την πλήρη κάλυψη ή και τη συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών. Το παραγόμενο από τις ανεμογεννήτριες ηλεκτρικό ρεύμα είτε καταναλώνεται επιτόπου, είτε εγχέεται και διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί αλλού. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις ανεμογεννήτριες, όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, συχνά αποθηκεύεται για να χρησιμοποιηθεί αργότερα, όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή. Η αποθήκευση σήμερα γίνεται με δύο οικονομικά βιώσιμους τρόπους, ανάλογα με το μέγεθος της παραγόμενης ενέργειας. Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) είναι η πλέον γνωστή και διαδεδομένη μέθοδος αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται για μικρής κλίμακας παραγωγικές μη διασυνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο μονάδες. Η άντληση ύδατος με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης από ανεμογεννήτριες και η ταμίευσή του σε τεχνητές λίμνες κατασκευασμένες σε υψόμετρο το οποίο είναι ικανό να τροφοδοτήσει υδροηλεκτρικό σταθμό, είναι η μέθοδος

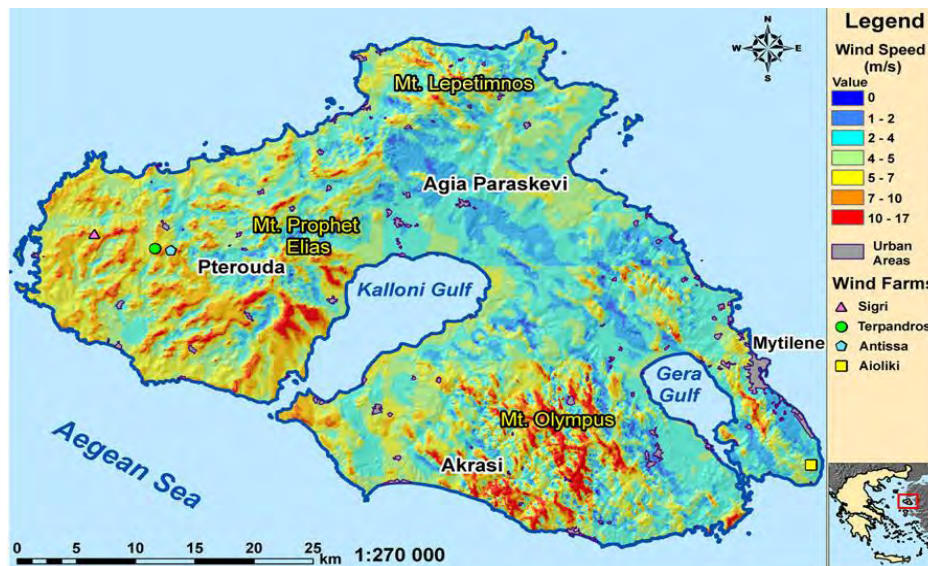
αποθήκευσης που χρησιμοποιείται όταν η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγάλη» (www.cres.gr).



Εικόνα 6: Παράδειγμα ανεμογεννήτριας (Πηγή: <http://www.cres.gr>).

2.6 Εγκατάσταση ανεμογεννήτριας

Όταν εντοπιστεί μια ανεμώδης περιοχή – και εφόσον βέβαια έχουν προηγηθεί οι απαραίτητες μετρήσεις και μελέτες – για την αξιοποίηση του αιολικού της δυναμικού τοποθετούνται μερικές δεκάδες ανεμογεννήτριες, οι οποίες απαρτίζουν ένα «αιολικό πάρκο». Η εγκατάσταση κάθε ανεμογεννήτριας διαρκεί 1-3 μέρες. Αρχικά ανυψώνεται ο πύργος και τοποθετείται τμηματικά πάνω στα θεμέλια. Μετά ανυψώνεται η άτρακτος στην κορυφή του πύργου. Στη βάση του πύργου συναρμολογείται ο ρότορας ή δρομέας (οριζοντίου άξονα, πάνω στον οποίο είναι προσαρτημένα τα πτερύγια), ο οποίος αποτελεί το κινητό μέρος της ανεμογεννήτριας. Η άτρακτος περιλαμβάνει το σύστημα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στη συνέχεια ο ρότορας ανυψώνεται και συνδέεται στην άτρακτο. Τέλος, γίνονται οι απαραίτητες ηλεκτρικές συνδέσεις (<http://el.wikipedia.org>).



Χάρτης 1: Χάρτης της Λέσβου με τα αιολικά πάρκα (Πηγή: P.Palaiologou,et al,2011).

Για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών σε μια περιοχή χρειάζεται πρώτα να γίνει μελέτη με στόχο τη συγκέντρωση των απαραίτητων στοιχείων για τον προσδιορισμό δυνατοτήτων παραγωγής ενέργειας. Αρχικά γίνεται χρήση μετεωρολογικών δεδομένων από αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς ενώ μέσω ειδικών εργαλείων κατασκευάζονται καμπύλες και διαγράμματα (windroses, weibull) που βοηθάνε στη κατανόηση των χαρακτηριστικών του ανέμου. Στη συνέχεια κατασκευάζεται ο χάρτης αιολικής ενέργειας με τη χρήση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών - GIS (D.Voivontas, D.Assimakopoulos, A.Mourelatos, J.Corominas,1998) και της Wind Atlas Analysis απεικονίζοντας τις ταχύτητες του ανέμου σε κάποιο ύψος πάνω από το

επίπεδο του εδάφους, αυτή ακριβώς η διαδικασία πραγματοποιήθηκε στην περίπτωση της νήσος Λέσβου κατασκευάζοντας ένα μικρό αιολικό πάρκο με πέντε ανεμογεννήτριες συνολικής ισχύος 3MW (P.Palaiologou,et al,2011).

Η εγκατάσταση κάθε ανεμογεννήτριας διαρκεί 1-3 μέρες. Αρχικά ανυψώνεται ο πύργος και τοποθετείται τμηματικά πάνω στα θεμέλια. Μετά ανυψώνεται η άτρακτος στην κορυφή του πύργου. Στη βάση του πύργου συναρμολογείται ο ρότορας ή δρομέας (οριζοντίου άξονα, πάνω στον οποίο είναι προσαρτημένα τα πτερύγια), ο οποίος αποτελεί το κινητό μέρος της ανεμογεννήτριας. Η άτρακτος περιλαμβάνει το σύστημα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στη συνέχεια ο ρότορας ανυψώνεται και συνδέεται στην άτρακτο. Τέλος, γίνονται οι απαραίτητες ηλεκτρικές συνδέσεις (<http://el.wikipedia.org>).

2.7 Αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας: πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

Τα **πλεονεκτήματα** που προκύπτουν από την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι:

- Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι δεν εξαντλείται, σε αντίθεση με το σύνολο των συμβατικών καυσίμων, των οποίων τα βεβαιωμένα αποθέματα στον πλανήτη μας αναμένεται να εξαντληθούν σε σύντομο χρονικό διάστημα.
- Αποτελεί μια καθαρή μορφή ενέργειας, ήπια προς το περιβάλλον. Η χρήση της δεν επιβαρύνει τα οικοσυστήματα των περιοχών εγκατάστασης και παράλληλα αντικαθιστά ιδιαίτερα ρυπογόνες πηγές ενέργειας, όπως το κάρβουνο, το πετρέλαιο και την πυρηνική ενέργεια. Τα σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα των περισσότερο ανεπτυγμένων χωρών, καθώς και της χώρας μας (πχ Αθήνα, Πτολεμαΐδα, Μεγαλόπολη κλπ) καθιστούν την αιολική ενέργεια ιδιαίτερα ελκυστική σε σχέση με την προστασία του περιβάλλοντος.
- Είναι εγχώρια πηγή ενέργειας και συνεισφέρει στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτητοποίησης και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- Είναι διάσπαρτη γεωγραφική και οδηγεί στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.

- Έχει συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ιδιαίτερα των συμβατικών καυσίμων.
- Μπορεί να αποτελέσει σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση ανάλογων επενδύσεων.
- Οι επενδύσεις αιολικής ενέργειας είναι εντάσεως εργασίας αφού δημιουργούν σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο

Επιπλέον, ειδικά για την Ελλάδα ισχύουν και τα ακόλουθα στοιχεία:

- Η χώρα μας διαθέτει ένα πολύ υψηλό αιολικό δυναμικό (κυρίως τα νησιωτικά συμπλέγματα του Αιγαίου) και μάλιστα άριστης ποιότητας.
- Η περιορισμένη συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο με μικρή μάλιστα τη συμμετοχή της αιολικής ενέργειας, καθιστά προφανείς τις σχεδόν απεριόριστες δυνατότητες σύστασης αιολικών εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας, σε μια αγορά με σημαντικό αριθμό αναξιοποιήτων.
- Η αιολική ενέργεια ενισχύει τον τουρισμό, καθώς αντικαθιστά τις ρυπογόνες μορφές ενέργειας και διαφυλάσσει το φυσικό περιβάλλον π.χ στη Σητεία, όπως και σ' άλλες περιοχές σε όλο τον κόσμο, ανθίζει τελευταία ο "περιβαλλοντικός τουρισμός", καθώς η ανάπτυξη των αιολικών πάρκων ελκύει πολλούς επισκέπτες (Ε.Χασικίδη,2010).
- Η υψηλή σεισμικότητα της χώρας μας εγκυμονεί κινδύνους για τις θερμοηλεκτρικές και κυρίως τις πυρηνικές εγκαταστάσεις, με αποτέλεσμα να θεωρείται προβληματική στο άμεσο μέλλον η κατασκευή πυρηνικών μονάδων στη χώρα μας. Προφανώς με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα είναι δυνατή η δημιουργία υψηλής ασφάλειας συμβατικών μονάδων, με δυσανάλογη, όμως αύξηση του κόστους της παραγόμενης ενέργειας.
- Η δυνατότητα αξιοποίησης επενδυτικών προγραμμάτων, που χρηματοδοτούνται εν μέρει από ελληνικούς και κοινοτικούς φορείς, δεδομένων των υψηλών επιχορηγήσεων και του συγκριτικά χαμηλού κόστους που συνοδεύουν παρόμοιες επενδύσεις σε τομείς αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών

ενέργειας. Επιπλέον είναι δυνατή στην περίπτωση ίδρυσης αιολικών πάρκων η σταδιακή εγκατάσταση των μηχανών, με διαχρονική κατανομή του κόστους επένδυσης σύμφωνα με το σχεδιασμό του επενδυτή.

- Η έλλειψη ισχυρών οικονομικών συμφερόντων, που έχουν επενδύσει σε άλλες μορφές ενέργειας, όπως για παράδειγμα η πυρηνική ενέργεια στη Γαλλία, το πετρέλαιο στις αραβικές χώρες, και τα οποία θα μπορούσαν να αποθαρρύνουν τυχόν κυβερνητικό ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Πράγματι, με την ενθάρρυνση της Ε.Ε. η πολιτεία έχει δείξει αυξημένο ενδιαφέρον για τη διείσδυση της αιολικής ενέργειας στην εγχώρια ενεργειακή αγορά, με τη θέσπιση νομικού πλαισίου (Ν.2244/94) αλλά και τη χρηματοδότηση αντίστοιχων έργων, χωρίς βέβαια να αρθούν πλήρως οι αντιξοότητες που συνοδεύουν τη λειτουργία της κρατικής μηχανής και των αντίστοιχων γραφειοκρατικών μηχανισμών.
- Η δυνατότητα αποκεντρωμένης ανάπτυξης μέσα από αυτόνομα συστήματα παραγωγής ενέργειας, γεγονός που μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την οικονομική δραστηριότητα των τοπικών κοινωνιών.

Τα κυριότερα **μειονεκτήματα** που αποδίδονται στην αιολική ενέργεια είναι τα ακόλουθα:

- Η αδυναμία της ακριβούς πρόβλεψης της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου δε μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε την απαραίτητη αιολική ενέργεια τη στιγμή που τη χρειαζόμαστε. Το γεγονός αυτό μας υποχρεώνει να χρησιμοποιούμε τις αιολικές μηχανές σαν εφεδρικές πηγές ενέργειας σε συνδυασμό με κάποια άλλη πηγή ενέργειας (σύνδεση με ηλεκτρικό δίκτυο, παράλληλη λειτουργία με μονάδες Diesel).
- Σε περιπτώσεις διασύνδεσης της αιολικής εγκατάστασης με το ηλεκτρικό δίκτυο η παραγόμενη ενέργεια δεν πληροί πάντα τις τεχνικές απαιτήσεις του δικτύου, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η τοποθέτηση αυτοματισμών ελέγχου μηχανημάτων ρύθμισης τάσεως και συχνότητας, καθώς και ελέγχου άεργης ισχύος. Η εξέλιξη της τεχνολογίας σήμερα έχει δώσει λύσεις στα περισσότερα από τα αναφερόμενα προβλήματα, ιδιαίτερα με την κατασκευή ανεμογεννητριών μεταβλητού βήματος και μεταβλητών στροφών. Τέλος, ακόμα

και σήμερα εξακολουθούν να μας απασχολούν οι διαδικασίες ζεύξης – απόζευξης αιολικών μηχανών στο ηλεκτρικό δίκτυο, λόγω των μεταβατικών φαινομένων που αυτές προκαλούν. Λόγω των τελευταίων προβλημάτων απαγορεύεται η διασύνδεση, πέραν ενός ορίου παραγόμενης ισχύος αιολικών μηχανών, σε μικρά τοπικά ηλεκτρικά δίκτυα, τα οποία όμως αποτελούν την πλειοψηφία των δικτύων του ελληνικού Αρχιπελάγους.

- Πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη ότι από το σύνολο της απορροφούμενης ενέργειας από μια ανεμογεννήτρια, μόνο ένα περιορισμένο μέρος της μετατρέπεται σε ωφέλιμη ενέργεια λόγω των αεροδυναμικών και των μηχανικών απωλειών και περιορισμών.

Οι πολέμιοι των αιολικών πάρκων αναφέρουν πως η αιολική ενέργεια δεν είναι τόσο «καθαρή» όσο υποστηρίζεται, διότι επιφέρει με άλλους τρόπους αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, όπως αισθητική υποβάθμιση, επιδράσεις στα πουλιά, ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις και κυρίως ηχορύπανση.

Στα παραπάνω έχουμε να αντιπαραθέσουμε τα εξής:

- Όσον αφορά την πιθανή αισθητική υποβάθμιση πρέπει να τονιστούν τα ακόλουθα: Μέσα στο αιολικό πάρκο μπορούν να αποκλειστούν οι εναέριες γραμμές οι οποίες προκαλούν μια άσχημη εικόνα. Κάθε ανεμογεννήτρια συνοδεύεται από ένα καλαίσθητο κιόσκι κατάλληλα βαμμένο ώστε να συμβαδίζει με τους χρωματισμούς του περιβάλλοντος όπου τοποθετείται ο μετασχηματιστής και οι υπόλοιπες διατάξεις. Έτσι αποφεύγεται η ανοιχτή θέση των μετασχηματιστών που είναι ιδιαίτερα ακαλαίσθητη. Όσον αφορά την ίδια την ανεμογεννήτρια, αν και η άποψη περί αισθητικής της είναι σαφώς υποκειμενική, πρέπει να σημειωθεί ότι οι μηχανές αυτές είναι σαφώς πιο καλαίσθητες από οποιοδήποτε άλλο συμβατικό σταθμό. Από σχετική πρόσφατη μελέτη που διεξήχθη βγήκε το συμπέρασμα ότι η μεγαλύτερη αντίδραση των τοπικών κοινωνιών προήλθε με την τοποθέτηση ανεμογεννητριών σε υψηλής αισθητικής τοπία (K.Molnarova et al,2012).
- Λόγω της ήπιας μορφής του έργου δε δημιουργούνται σοβαρές επιπτώσεις στην πανίδα της περιοχής. Ειδικά για τα πουλιά, η διεθνής εμπειρία αποδεικνύει την αρμονική συνύπαρξη πτηνών και ανεμογεννητριών. Τα ποσοστά θνησιμότητας

πουλιών σε αιολικά πάρκα είναι ασήμαντα σε σχέση με άλλους ανθρωπογενείς παράγοντες. Κυριότερες αιτίες θανάτου θεωρούνται με σειρά επικινδυνότητας: η πρόσκρουση σε τζάμια κτιρίων και οχημάτων, οι κατοικίδιες γάτες, η πρόσκρουση σε γραμμές μεταφοράς και σε πύργους τηλεπικοινωνιών. Ενδεικτικά, σε σχέση με τα αιολικά πάρκα, έχει διαπιστωθεί ότι 300 φορές περισσότερα πουλιά σκοτώνονται από οχήματα και 70 φορές περισσότερα από κυνηγούς (Western EcoSysteme Technology Inc 2001). Γενικότερα, η εγκατάσταση αιολικών πάρκων ακόμα και σε περιοχές με εμφάνιση πληθυσμών πουλιών, δεν είναι απαγορευτική διότι υπάρχουν και προτείνονται λύσεις για τον περιορισμό των ούτως ή άλλως μικρών επιπτώσεών τους.

- Η ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση δημιουργείται λόγω της ανάκλασης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων πάνω στα περιστρεφόμενα πτερύγια. Για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου αποφεύγονται περιοχές με εγκατεστημένες τηλεπικοινωνιακές κεραίες και αναμεταδότες.
- Οι ανεμογεννήτριες είναι διατάξεις γενικά αθόρυβες, οι οποίες δεν προκαλούν ηχητική ρύπανση και όχληση προς τους κατοίκους της ευρύτερης περιοχής. Ο αεροδυναμικός θόρυβος ο οποίος δημιουργείται λόγω των στρεφόμενων πτερυγίων της μηχανής είναι ιδιαίτερα χαμηλός και σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να συγκριθεί με τη στάθμη θορύβου αντίστοιχων συμβατικών σταθμών παραγωγής ενέργειας. Αν ληφθεί υπόψη και το γεγονός ότι η εγκατάσταση αιολικών πάρκων γίνεται κυρίως σε απομονωμένες περιοχές τότε γίνεται αντιληπτό ότι ο θόρυβος που παράγεται δε δημιουργεί κανένα πρόβλημα. Επιπλέον, τα αιολικά πάρκα μπορούν να χαρακτηριστούν ως σχετικά χαμηλή πηγές εκπομπής θορύβου, σε σύγκριση με άλλες βιομηχανικές μονάδες ή συμβατικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, καθώς το επίπεδο ηχητικής πίεσης (SPL) σε απόσταση 300 μ. είναι περίπου 45 dB (A), δηλαδή δεν είναι απαγορευτική τιμή για τις ανθρώπινες δραστηριότητες στην ευρύτερη περιοχή του αιολικού πάρκου (J.K.Kaldellis, K.Gerakis, M.Kapsali, 2012)

3. Ο ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΕ

3.1 Σκοπός του χωροταξικού σχεδιασμού

α. Η διαμόρφωση πολιτικών χωροθέτησης έργων ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε., ανά κατηγορία δραστηριότητας και κατηγορία χώρου.

β. Η καθιέρωση κανόνων και κριτηρίων χωροθέτησης που θα επιτρέπουν αφενός την δημιουργία βιώσιμων εγκαταστάσεων Α.Π.Ε. και αφετέρου την αρμονική ένταξή τους στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον.

γ. Η δημιουργία ενός αποτελεσματικού μηχανισμού χωροθέτησης των εγκαταστάσεων Α.Π.Ε., ώστε να επιτευχθεί ανταπόκριση στους στόχους των εθνικών και ευρωπαϊκών πολιτικών.

Ο στόχος αυτός θα συνδυασθεί με τη συμβολή όλων των Α.Π.Ε. στην ανάπτυξη της χώρας μέσω της ορθολογικής εκμετάλλευσης όλων των ενεργειακών πόρων σ' όλη την επικράτεια ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν και με τις δυνατότητες κάθε περιοχής. Η ανάπτυξη αυτή θα άρει την ενεργειακή απομόνωση αποκλεισμένων σήμερα περιοχών, θα συμβάλλει στη μείωση της ρυπογόνου ενέργειας, θα δημιουργήσει απασχόληση σε νέες τεχνολογίες αιχμής και θα συμβάλει στην ενεργειακή απεξάρτηση της χώρας και ιδιαίτερα ευαίσθητων περιοχών.

3.2 Ο χωροταξικός σχεδιασμός στην Ελλάδα

Η χωροθέτηση των εγκαταστάσεων Α.Π.Ε. στην Ελλάδα έχει αντιμετωπισθεί σχεδόν αποκλειστικά στο πλαίσιο των διαδικασιών περιβαλλοντικής αδειοδότησης των σχετικών έργων. Η διαδικασία αυτή, αν και επιτρέπει την εκτίμηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον στο επίπεδο κάθε συγκεκριμένης εγκατάστασης, εν τούτοις δεν μπορεί, λόγω του εξατομικευμένου χαρακτήρα της, να απαντήσει στην ανάγκη καθιέρωσης γενικών κριτηρίων χωροθέτησης έργων Α.Π.Ε., δηλαδή κριτηρίων που να διασφαλίζουν ένα κοινό πλαίσιο χωρικής οργάνωσης των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων ανάλογα με τη φυσιογνωμία και τις χωροταξικές ιδιαιτερότητες των επιμέρους ενοτήτων του ελληνικού χώρου, τις επιμέρους κατηγορίες έργων Α.Π.Ε. και τις ειδικές ανάγκες ανάπτυξης, προστασίας ή διαφύλαξης που απαντώνται σε συγκεκριμένες περιοχές και σε ευπαθή οικοσυστήματα της χώρας.

Απαιτείται, επομένως, να θεσπιστεί ένα ειδικό χωροταξικό πλαίσιο που να καθορίζει τις βασικές κατευθύνσεις και τους γενικούς κανόνες για τη χωροθέτηση έργων Α.Π.Ε. στο σύνολο του εθνικού χώρου, ώστε αφενός να καταστούν εκ των προτέρων γνωστές οι κατηγορίες περιοχών στις οποίες αποκλείεται εν όλω ή εν μέρει η χωροθέτηση έργων Α.Π.Ε. και αντιστοίχως οι εν δυνάμει κατάλληλες για την υποδοχή τους περιοχές και αφετέρου οι ειδικότερες, ανά κατηγορία Α.Π.Ε., χωροταξικές προϋποθέσεις εγκατάστασης ιδίως σε συνάρτηση με τη φυσιογνωμία, τη φέρουσα ικανότητα και εν γένει το περιβάλλον των περιοχών εγκατάστασης. Η αξιοποίηση των πηγών Α.Π.Ε., πρέπει να λάβει χώρα σε όλη την επικράτεια ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν και τις δυνατότητες κάθε περιοχής. Ειδικότερα για τα νησιά να γίνει με κανόνες και αρχές που σέβονται το περιβάλλον, το χαρακτήρα και τη φέρουσα ικανότητα τους.

3.3 Κανόνες και κριτήρια χωροθέτησης αιολικού πάρκου

1. Διάκριση του εθνικού χώρου σε κατηγορίες

Το εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό του και τα ιδιαίτερα χωροταξικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του, διακρίνεται στις ακόλουθες μείζονες κατηγορίες:

- α. Στην ηπειρωτική χώρα, συμπεριλαμβανομένης της Εύβοιας.
- β. Στην Αττική, που αποτελεί ειδικότερη κατηγορία της ηπειρωτικής χώρας λόγω του μητροπολιτικού χαρακτήρα της.
- γ. Στα κατοικημένα νησιά του Ιονίου και του Αιγαίου Πελάγους, συμπεριλαμβανομένης της Κρήτης.
- δ. Στον υπεράκτιο θαλάσσιο χώρο και τις ακατοίκητες νησίδες.

Η ηπειρωτική χώρα διακρίνεται περαιτέρω σε Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (Π.Α.Π.) και σε Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (Π.Α.Κ.)

- Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας (Π.Α.Π.): Είναι οι περιοχές της ηπειρωτικής χώρας, οι οποίες διαθέτουν συγκριτικά πλεονεκτήματα για την εγκατάσταση αιολικών σταθμών, ενώ ταυτόχρονα προσφέρονται από απόψεως επίτευξης των χωροταξικών στόχων. Στις περιοχές αυτές, εκτιμάται η μέγιστη δυνατότητα χωροθέτησης αιολικών εγκαταστάσεων (φέρουσα ικανότητα),

- Περιοχές Αιολικής Καταλληλότητας (Π.Α.Κ.). Χαρακτηρίζονται όλοι οι πρωτοβάθμιοι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.) της ηπειρωτικής χώρας που δεν περιλαμβάνονται στις Περιοχές Αιολικής Προτεραιότητας των οποίων περιοχές ή και μεμονωμένες θέσεις που κρίνονται από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας κατά το άρθρο 3 παρ. 1.δ του ν. 3468/06, ως ενεργειακά αποδοτικές.

2. Ειδικά κριτήρια χωροθέτησης για την κάθε παραπάνω κατηγορία

Για τη χωροθέτηση αιολικών εγκαταστάσεων στα κατοικημένα νησιά του Αιγαίου και Ιονίου Πελάγους και στην Κρήτη πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής ειδικά κριτήρια:

1. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό κάλυψης εδαφών σε επίπεδο πρωτοβάθμιου Ο.Τ.Α. δεν μπορεί να υπερβαίνει το 4% ανά ΟΤΑ δηλαδή 0,53 τυπικές ανεμογεννήτριες / 1000 στρέμματα.

Ειδικά στα μη διασυνδεδεμένα με το σύστημα και το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας της ηπειρωτικής χώρας νησιά και μέχρι τη διασύνδεσή τους η συνολική ισχύς των αιολικών σταθμών ανά νησί δεν πρέπει να ξεπερνά το διπλάσιο του επιπέδου αιχμής της ζήτησης που αυτό εμφανίζει σε μεσο-μακροπρόθεσμο ορίζοντα (δεκαετία). Εξαίρεση από το όριο αυτό, δηλαδή από το διπλάσιο του επιπέδου αιχμής της ζήτησης κάθε νησιού, αποτελούν οι προτάσεις εγκατάστασης αιολικών πάρκων που περιλαμβάνουν την κατασκευή επαρκούς διασύνδεσης με το σύστημα και το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας της ηπειρωτικής χώρας καθώς και τα αιολικά πάρκα που αποτελούν μέρος πρότασης υβριδικών σταθμών.

2. Κριτήρια ένταξης των αιολικών εγκαταστάσεων στο τοπίο

3. Περιοχές αποκλεισμού και ζώνες ασυμβατότητας

Των κηρυγμένων διατηρητέων μνημείων της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς και των άλλων μνημείων μείζονος σημασίας, των περιοχών απολύτου προστασίας της φύσης και προστασίας της φύσης, των πυρήνων των εθνικών δρυμών και των κηρυγμένων μνημείων της φύσης και των αισθητικών δασών, των οικοτόπων προτεραιότητας περιοχών της Επικράτειας που έχουν ενταχθεί ως τόποι κοινοτικής σημασίας στο δίκτυο ΦΥΣΗ 2000, των εντός σχεδίων πόλεων και ορίων οικισμών, των Π.Ο.Τ.Α., των Περιοχών Οργανωμένης Ανάπτυξης Παραγωγικών Δραστηριοτήτων,

των ατύπως διαμορφωμένων, στο πλαίσιο της εκτός σχεδίου δόμησης, τουριστικών και οικιστικών περιοχών, των ακτών κολύμβησης που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα παρακολούθησης της ποιότητας των νερών κολύμβησης, των τμημάτων των λατομικών περιοχών και μεταλλευτικών και εξορυκτικών ζωνών και άλλων περιοχών ή ζωνών που υπάρχουν σήμερα σε ειδικό καθεστώς χρήσεων γης.

4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

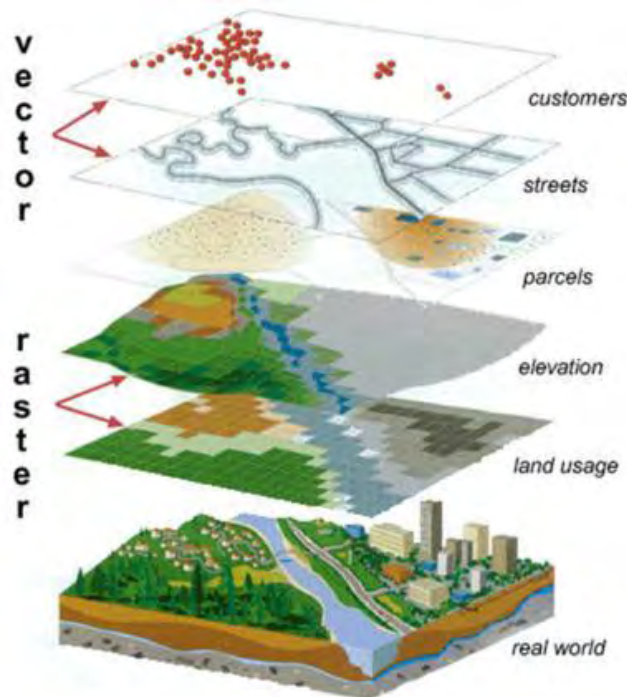
4.1 Χωρική πληροφορία και ΓΣΠ

«Με την ταχεία εξέλιξη της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών μέσων, όπως των ηλεκτρονικών υπολογιστών και της πληροφορικής γενικότερα, ολοένα και περισσότερες μέθοδοι και εφαρμογές έχουν επινοηθεί και ασφαλώς μπορούν να αξιοποιηθούν κατάλληλα και να αποτελέσουν εργαλείο δουλειάς σε διάφορους τομείς

“Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) παρέχουν όλες τις δυνατότητες αποθήκευσης των χαρτογραφικών δεδομένων, ανάκτησης τους ανά πάσα στιγμή, επεξεργασίας και, τέλος, απόδοσης του τελικού προϊόντος, δηλαδή του χάρτη

Σύμφωνα με τον Burrough (1995):

«Τα Γ.Σ.Π. αντιπροσωπεύουν ένα ισχυρό εργαλείο για τη συλλογή, αποθήκευση, ανάλυση ανά πάσα στιγμή, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών στοιχείων του πραγματικού κόσμου. Ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών μπορεί να αποθηκεύσει, να διαχειριστεί και να ενσωματώσει ένα μεγάλο όγκο χωρικών στοιχείων.»



Εικόνα 7: Εννοιολογικά υποδείγματα και αναπαραστάσεις χωρικών φαινομένων.

Υπαγορευμένη από τις ανάγκες της αγοράς, η χαρτογραφική διαδικασία πραγματοποιείται εξολοκλήρου, πλέον, μέσα από τη χρήση των Γ.Σ.Π. ή άλλα χωρικά συστήματα πληροφοριών. (π.χ. CAD, L.I.S. κ.λ.π.) Τα συστήματα αυτά, εκτός από τις δυνατότητες που διαθέτουν, παρέχουν το πολύ σημαντικό προνόμιο της ταχύτητας παραγωγής του τελικού προϊόντος σε όλα τα στάδια της» (Εργαστήριο χωρικής ανάλυσης GIS και θεματικής χαρτογραφίας).

Τα Γ.Σ.Π συνδυάζουν δεδομένα και συνεργάζονται με ένα μεγάλο αριθμό άλλων επιστημονικών κατευθύνσεων, όπως τη Γεωγραφία, τη Χαρτογραφία, τη Φωτογραμμετρία, την Τηλεπισκόπηση, τη Γεωδαισία, την Τοπογραφία, τη Στατιστική, την Πληροφορική, την Επιχειρησιακή Έρευνα, την Τεχνητή Νοημοσύνη κλπ.

Ένα ολοκληρωμένο ΓΣΠ περιλαμβάνει: τον υλικό εξοπλισμό, τα λογισμικά, τα χωρικά δεδομένα, τις διαδικασίες, καθώς και το ανθρώπινο δυναμικό για τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση, κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον (Κουτσόπουλος, 2005, Φώτης, 2010). Συνδέοντας τη γεωγραφική θέση με την πληροφορία σε πολλαπλά επίπεδα, παρέχουν τη δυνατότητα τόσο ποιοτικής όσο και ποσοτικής ανάλυσης για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

4.2 Τηλεπισκόπηση και Γ.Σ.Π

Η τηλεπισκόπηση είναι η επιστήμη που ασχολείται με την συλλογή και ερμηνεία πληροφοριών για την επιφάνεια της γης ή της ατμόσφαιρας. Αυτό επιτυγχάνεται με την καταγραφή των τιμών σε περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, με την χρήση οργάνων, που δεν έρχονται σε επαφή με υπό εξέταση αντικείμενο αλλά φέρονται από αεροσκάφη ή δορυφόρους.

Η τηλεπισκόπηση μπορεί να οριστεί ως οποιαδήποτε διαδικασία λήψης πληροφοριών για ένα αντικείμενο, μια περιοχή ή ένα φαινόμενο χωρίς να ερχόμαστε σε επαφή μαζί του. Τα μάτια μας είναι ένα εξαιρετικό παράδειγμα συσκευής τηλεπισκόπησης. Είμαστε σε θέση να συλλέγουμε πληροφορίες για το περιβάλλον μας αναλύοντας την ποσότητα και τη φύση της αντανάκλασης ενέργειας ορατού φωτός από μια εξωτερική πηγή (όπως ο ήλιος ή μια λάμπα) καθώς αντανακλάται από αντικείμενα μέσα στο οπτικό μας πεδίο. Σε αντίθεση, ένα θερμόμετρο πρέπει να έρχεται σε επαφή με το φαινόμενο που μετρά, και επομένως δεν μπορεί να θεωρηθεί συσκευή τηλεπισκόπησης. Δεδομένου αυτού του

γενικού ορισμού, ο όρος τηλεπισκόπηση έχει συσχετιστεί πιο ειδικά με την ανάλυση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των υλικών στην επιφάνεια της γης και την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια. Παρόλα αυτά, κάθε τέτοια προσπάθεια για έναν πιο ειδικό ορισμό παρουσιάζει δυσκολίες, καθώς δεν είναι πάντα το φυσικό περιβάλλον που εξετάζεται, η ενέργεια δεν είναι πάντα ηλεκτρομαγνητική, και κάποιες διαδικασίες αναλύουν τις φυσικές εκπομπές ενέργειας των υλικών παρά την αλληλεπίδραση τους με την ενέργεια από κάποια ανεξάρτητη πηγή.

Τα τελευταία χρόνια ήταν τόσο ραγδαία η εξέλιξη της τεχνολογίας σε θέματα Τηλεπισκόπησης, που σήμερα υπάρχουν πάρα πολλοί δορυφόροι στην διάθεση της ελεύθερης αγοράς για εξασφάλιση ψηφιακών δεδομένων.

Άρα μπορούμε να πούμε ότι η **τηλεπισκόπηση** αποτελεί σημαντική πηγή πληροφοριών για τα Γ.Σ.Π για τους εξής λόγους:

- Η μορφή των δεδομένων της τηλεπισκόπησης είναι συμβατή με τα G.I.S.
- Δίνει πρόσφατα δεδομένα με χαμηλό κόστος (εμπλουτισμός database).
- Παρέχει γεωγραφική και γεωμετρική ακρίβεια δορυφορικών δεδομένων.

Ο συνδυασμός της τηλεπισκόπησης με τα Γ.Σ.Π. είναι όπως καταλαβαίνουμε ένα ισχυρότατο μέσο λήψης αποφάσεων, απαιτεί όμως αξιόλογη εκπαίδευση του προσωπικού και παράλληλα ισχυρό ηλεκτρονικό σύστημα (H/Y και περιφερειακά) για την επεξεργασία και ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων.

4.4 Συνεισφορά των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών στη χωροθέτηση αιολικού πάρκου

Το ζήτημα του προσδιορισμού βέλτιστων θέσεων χωροθέτησης είναι ένα από τα θεμελιώδη προβλήματα που έχει να αντιμετωπίσει ο στρατηγικός σχεδιασμός. Πολλοί ερευνητές έχουν προσπαθήσει να αναπτύξουν ένα σύστημα λήψης χωρικών αποφάσεων (ΣΛΧΑ) με τη χρήση των ΓΣΠ. Για παράδειγμα, στην Αιθιοπία προτείνουν ένα ΣΛΧΑ. Η έρευνά τους στοχεύει στον προσδιορισμό νέων χωροθετήσεων των καλλιεργειών σε σχέση με την ικανότητά τους για τη μείωση της διάβρωσης του εδάφους (Dragan et al., 2003). Το λογισμικό ArcGIS χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη του ΣΛΧΑ ενώ η άμεση συμμετοχή των τοπικών φορέων χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τους περιορισμούς και τα κριτήρια. Στη δυτική Τουρκία προτείνουν ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων για τη χωροθέτηση ΑΠ χρησιμοποιώντας τα εργαλεία του ArcGIS (Aydin

et al,2010). Τα κριτήρια χωροθέτησης αφορούν το αιολικό δυναμικό (προκειμένου να προσδιοριστούν οι οικονομικά εφικτές θέσεις) και η περιβαλλοντική καταλληλότητα (βασισμένη στην νομοθεσία της Τουρκίας και άλλων μελετών).

Ίδια μεθοδολογία χρησιμοποιήθηκε και για την αποτελεσματική χωροθέτηση μεγάλων ΑΠ στην Ταϊλάνδη, με την εφαρμογή ενός συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) και ενσωμάτωση της μεθόδου πολυκριτηριακής ανάλυσης (Bennui et al ,2007).

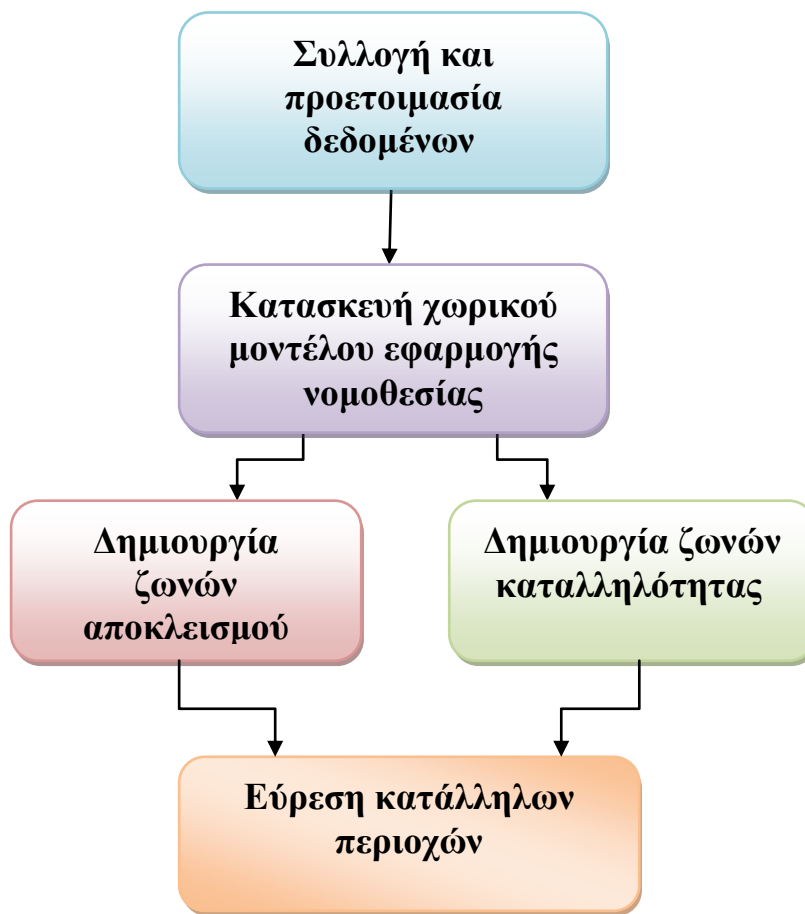
5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΖΑΚΥΝΘΟ

5.1 Ανάπτυξη χωρικού μοντέλου για χωροθέτηση αιολικού πάρκου

Για την επίλυση του προβλήματος τοποθέτησης αιολικού πάρκου δημιουργήθηκε ένα χωρικό μοντέλο που περιέχει όλα τα κριτήρια και τους κανόνες της ισχύουσας νομοθεσίας (ΕΠΣΧΑΑ). “Τα δεδομένα που αξιοποιούνται στο πλαίσιο κάθε αναλυτικής διαδικασίας διακρίνονται, ανάλογα με την προέλευσή τους, σε πρωτογενή και δευτερογενή. Πρωτογενή θεωρούνται εκείνα τα στοιχεία που προέρχονται από άμεσες παρατηρήσεις ή μετρήσεις, ενώ δευτερογενή όσα προέρχονται από συνδυασμό ή επεξεργασία πρωτογενών. Τα πλέον συνυφασμένα με την έννοια των δευτερογενών δεδομένων είναι τα διαθέσιμα από υπηρεσίες ή από προηγούμενες μελέτες - έρευνες στοιχεία. σε κάθε περίπτωση όμως, ο έλεγχος, αυτών των στοιχείων ως προς τον τρόπο συλλογής, αξιοπιστία, ορθολογισμό και τεκμηρίωσή τους, αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την περαιτέρω χρήση τους.”..... Τα δεδομένα στην παρούσα διπλωματική εργασία συλλέγονται είτε σε ψηφιακή μορφή, είτε ψηφιοποιούνται από διαθέσιμους χάρτες, για να γίνει η εισαγωγή τους στη γεωπληροφορική βάση. Μέσα σε αυτή, απαραίτητη είναι πολλές φορές η μετατροπή τους σε διανυσματική μορφή ή σε μορφή ψηφιδωτού, καθώς και η γεωαναφορά τους, ώστε να αξιοποιηθούν κατάλληλα από τις διαδικασίες του μοντέλου.

Ένα τέτοιο χωρικό μοντέλο περιλαμβάνει μέσω των αρχικών δεδομένων, την εκτέλεση καθορισμένων διαδικασιών-λειτουργιών και την εξαγωγή αποτελεσμάτων. Συγκεκριμένα το χωρικό μοντέλο στην παρούσα εργασία θα αναπτυχθεί ως εξής:

- Δημιουργία μεμονωμένων ζωνών καταλληλότητας με βάση κάθε σχετικό κριτήριο, και συνδυασμός τους, για την παραγωγή ενός νέου επιπέδου ζωνών καταλληλότητας.
- Δημιουργία μεμονωμένων ζωνών αποκλεισμού με βάση κάθε σχετικό κριτήριο, και συνδυασμός τους για την παραγωγή ενός νέου επιπέδου ζωνών αποκλεισμού.
- Συνδυασμός των ζωνών καταλληλότητας και των ζωνών αποκλεισμού, για την οριοθέτηση των κατάλληλων περιοχών.
- Για τη δημιουργία των ζωνών αποκλεισμού και καταλληλότητας (buffer) θα γίνει χρήση των διαθέσιμων εργαλείων ανάλυσης ενώ ο συνδυασμός τους θα παράγει το τελικό αποτέλεσμα που είναι η εύρεση των κατάλληλων περιοχών.



Διάγραμμα 6: Ανάπτυξη χωρικού μοντέλου για χωροθέτηση αιολικού πάρκου.

5.2 Ανάλυση περιοχής μελέτης

Η περιοχή μελέτης θα είναι η νήσος Ζάκυνθος. Στη Ζάκυνθο δεν έχουν μέχρι στιγμής γίνει ενέργειες για την εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού που μπορεί να μην έχει τόσο μεγάλη ισχύ όπως στα νησιά του Αιγαίου αλλά ένα αιολικό πάρκο θα ενίσχυε ιδιαίτερα την οικονομία του νησιού καθώς και τις ανάγκες της τοπικής κοινωνίας σε ηλεκτρική ενέργεια ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες που οι ανάγκες αυξάνονται λόγω του τουρισμού.

5.2.1 Κλιματικά, μετεωρολογικά και υδρολογικά δεδομένα

Το κλίμα της Ζακύνθου είναι ιδιαίτερα ήπιο, είναι θαλάσσιο-μεσογειακό και υγρό. Χαρακτηρίζεται από ήπιο βροχερό χειμώνα και δροσερό καλοκαίρι. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 18,9% C. Ο συνολικός αριθμός ημερών βροχής υπολογίζεται σε 115. Οι επικρατούντες άνεμοι είναι ΒΔ και ΝΔ κατευθύνσεων, περιορισμένης εντάσεως.

Άνεμοι υψηλής εντάσεως 6-8 μποφόρ παρατηρούνται σε συχνότητα 3% περίπου. Δεν παρουσιάζει έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές, ούτε σφοδρούς ανέμους. Έχει ιδιαίτερη υγρασία, με μέση ετήσια σχετική υγρασία πάνω από 65% και μεγάλη ηλιοφάνεια που ανέρχεται σε 296 ημέρες. Ο κύριος επιφανειακός υδροκρίτης είναι η κορυφογραμμή του όρους Βραχίονας. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν το νησί δεν διαμορφώνουν αξιόλογους υδροφόρους ορίζοντες με συνέπεια την ανεπαρκή - για τις σημερινές ανάγκες - υδροδότηση και άρδευση. Υποθαλάσσιες πηγές έχουν εντοπισθεί στις βόρειες ακτές του νησιού, μερικές δε από αυτές είναι θειούχες ιαματικές (www.zakynthos.gov.gr).

5.2.2 Φυσικά, υδρογεωλογικά και γεωλογικά στοιχεία

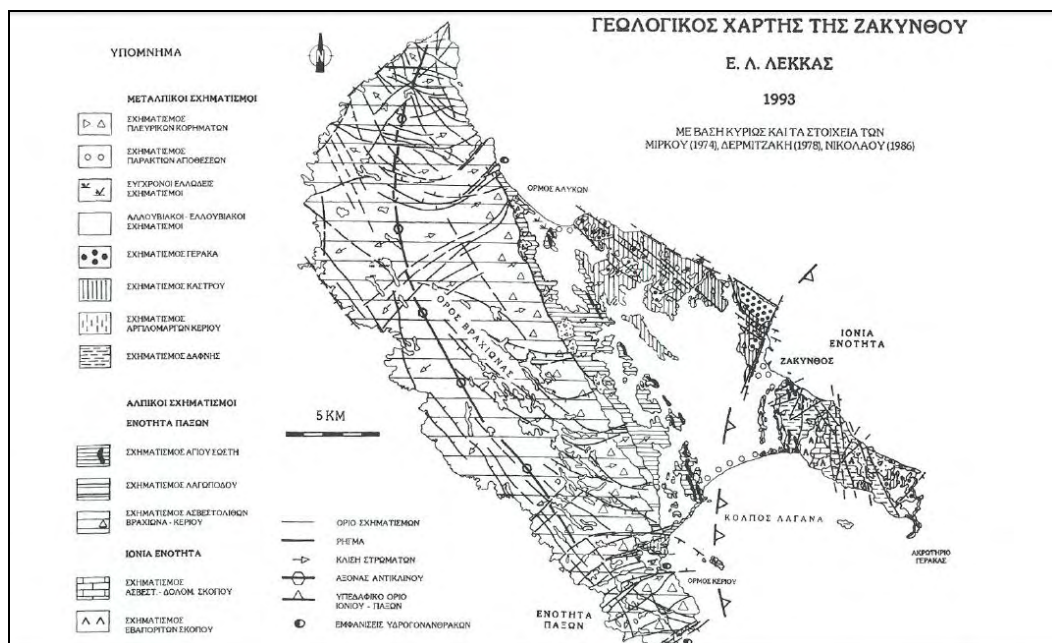
Η πόλη και 21 από τα 46 χωριά της Ζακύνθου είναι παράκτια. Οι ορεινές περιοχές (με υψόμετρο άνω των 600 μέτρων) καλύπτουν το 1% της έκτασής της. Οι ημιορεινές περιοχές καλύπτουν το 55% της Ζακύνθου και οι πεδινές το 44%. Η Ζάκυνθος έχει το μεγαλύτερο κάμπο από όλα τα Επτάνησα και πολύ εύφορο. Το σχήμα του νησιού είναι τριγωνικό, με βόρεια κορυφή το ακρωτήριο Σχοινάρι, νοτιοδυτική το ακρωτήριο Μαραθίας και νοτιοανατολική το ακρωτήριο Γέρακας. Στο νησί υπάρχουν δύο ορεινοί όγκοι: Το όρος Βραχιώνας με μεγαλύτερο υψόμετρο 758 μέτρα και το όρος Σκοπός με μέγιστο ύψος 492 μέτρα. Η Ζάκυνθος έχει δύο λίμνες: Τη λίμνη Κερίου έκτασης 2.000 στρεμμάτων, που αποτελεί υδροβιότοπο, και την Λίμνη Μακρή έκτασης 800 στρεμμάτων, επί της αποξηραμένης έκτασης της οποίας βρίσκονται οι εγκαταστάσεις του διεθνούς αεροδρομίου του νησιού. Η γεωργική γη καλύπτει το 42,2% του εδάφους της (171.500 στρέμματα). Οι φυσικοί βοσκότοποι αποτελούν το 37,3% (151.600 στρέμματα) της συνολικής έκτασής της. Οι δασικές εκτάσεις καλύπτουν το 11,2% (45.500 στρέμματα) της έκτασης του νησιού. Οι άγονες και κατοικημένες εκτάσεις ανέρχονται στα 37.400 στρέμματα και αποτελούν το 9,3 των εδαφών της Ζακύνθου. Η Ζάκυνθος ευρίσκεται σε περιοχή που εμφανίζει τη μεγαλύτερη σεισμική επικινδυνότητα στη Χώρα και έχει υποστεί από τα αρχαία χρόνια μέχρι σήμερα τις καταστροφικές συνέπειες πλήθους σεισμών. Η πιο πρόσφατη μεγάλη καταστροφή ήταν αυτή του 1953, η οποία επέδρασε καθοριστικά στη μετέπειτα κοινωνικοοικονομική εξέλιξη του Νησιού (www.zakynthos.gov.gr).

Η Ορεινή Ζάκυνθος αποτελείται από ασβεστολιθικά πετρώματα ηλικίας Κρητιδικού (100 – 70 εκ. χρόνια).² Είναι πετρώματα συμπαγή με σημαντική διάβρωση η οποία δημιούργησε διάφορα καρστικά φαινόμενα (σπήλαια, δολίνες κλπ).

Το νερό της βροχής χάνεται στα κενά, γεγονός που καθιστά την περιοχή ιδιαίτερα άγονη. Μόνο σε κλειστές λεκάνες παρατηρείται συγκέντρωση γόνιμου εδάφους, αποτέλεσμα της διάβρωσης των ασβεστόλιθων.

Τα πετρώματα της ΝΑ πλευράς ανήκουν στην περίοδο του Νεώτερου Τριτογενούς (13–2 εκ.χρόνια) και αποτελούνται κυρίως από άργιλο, γύψους, μάργες, ασβεστόλιθους, στρώματα άμμου και ψαμμίτες. Η παρουσία αυτών καθιστά το έδαφος γόνιμο και πλούσιο ενώ το νερό της βροχής εμποδίζεται από την αδιαπέραστο άργιλο να διεισδύσει στα κατώτερα στρώματα, γι' αυτό παρατηρούνται πολλά πηγάδια στη ζώνη αυτή. Το τρίτο τμήμα αποτελεί ο Σκοπός με τα προβούνια του. Τα ίδια πετρώματα με την προηγούμενη ζώνη, κυρίως γύψος ο οποίος κάτω από τεκτονικές πιέσεις δεν έμεινε στην αρχική του θέση, διογκώθηκε και βγήκε στην επιφάνεια.

Η Ζάκυνθος τελειώνει δυτικά με τις χαρακτηριστικά απότομες ακτές, οι οποίες είναι αποτέλεσμα πρόσφατου τεκτονικού ρήγματος και μεταπτώσεων που δημιουργήθηκαν πριν από 1 εκ. χρόνια περίπου στην αρχή του Τεταρτογενούς. (www.zakynthos.gov.gr).



Χάρτης 2: Γεωλογικός Χάρτης Ζακύνθου (Ε.Λ. Λέκκας 1998).

5.2.3 Φυσικό περιβάλλον

Στη Ζάκυνθο εντοπίζονται δύο πολύ σημαντικοί Βιότοποι σπανίων θαλασσιών ειδών που προστατεύονται από Διεθνείς Συμβάσεις. Πρόκειται για τον Βιότοπο Αναπαραγωγής της Θαλάσσιας Χελώνας *careta-careta* στον Κόλπο του Λαγανά, για την οποία από το 1999 έχει θεσμοθετηθεί το Εθνικό Θαλάσσιο Πάρκο Ζακύνθου και τον Οικότοπο Διαβίωσης και Αναπαραγωγής της Μεσογειακής Φώκιας *Monachus monachus*, στις δυτικές και βόρειες απόκρημνες ακτές του νησιού, που έχουν χαρακτηριστεί περιοχές NATURA.

Βιότοπος Θαλάσσιας Χελώνας *Caretta caretta*: Ο Κόλπος του Λαγανά, που βρίσκεται στο νότιο τμήμα της Ζακύνθου νοτιοανατολικού προσανατολισμού- με ημικυκλικό σχήμα, με άνοιγμα 12 Km , παρουσιάζει υψηλή οικολογική αξία δεδομένου ότι στις παραλίες του από το τέλος της Άνοιξης έως τις αρχές του Φθινοπώρου, φωτοκούν οι Θαλάσσιες Χελώνες *Caretta caretta*, η οποία έχει χαρακτηριστεί ως κινδυνεύον με εξαφάνιση είδος και προστατεύεται από την Εθνική και Ευρωπαϊκή Νομοθεσία καθώς και από Διεθνείς Συμβάσεις και Συνθήκες. Η υψηλότερη στην Μεσόγειο πυκνότητα και πλήθος φωλεών της Θαλάσσιας Χελώνας στις παραλίες του Κόλπου του Λαγανά, καθώς και η ύπαρξη στην ίδια περιοχή και άλλων σημαντικών ευαίσθητων ή αισθητικών αξιόλογων οικοσυστημάτων όπως: Αμμοθινικών Οικοσυστημάτων, του Υγροβιότοπου Κεριού, των Νησίδων Μαραθωνησίου και Πελούζου, Χερσαίων Οικοσυστημάτων διαφορετικών τύπων με πολύ σπάνια και ενδιαφέροντα είδη χλωρίδας και ορισμένα ενδημικά φυτά, καθώς και με πλουσιότατη πανίδα των εκτεταμένων υποθαλάσσιων λιβαδιών της *Posidonia oceanica* καθιστούν τον Βιότοπο του Κόλπου του Λαγανά σε διεθνούς σημασίας Βιότοπο. (<http://filotis.itia.ntua.gr>)



Εικόνα 8: Θαλάσσια Χελωνάκια.

Βιότοπος Μεσογειακής Φώκιας.:Στο βόρειο και δυτικό τμήμα της Ζακύνθου, στις απότομες ακτές με θαλάσσιες σπηλιές, καθώς και γύρω από το ακρωτήριο Μαραθία υπάρχουν Μεσογειακές Φώκιες. Ο πληθυσμός της Μεσογειακής Φώκιας *Monachus monachus* στη Ζάκυνθο είναι ο μεγαλύτερος γνωστός στο Ιόνιο και συγκρίσιμος σε μέγεθος με αυτόν των Σποράδων, στο Αιγαίο.

Υδάτινοι Αποδέκτες – Ακτές :Το Νησί δεν έχει ποτάμια ούτε λίμνες. Στο μέσον της βορειοανατολικής ακτής υπάρχει παλιά ανενεργή Αλυκή, ενώ στην πεδιάδα και σε μικρές πλαγιές δημιουργούνται παροδικές κατακλύσεις εδαφών από τα νερά της βροχής. Στη δυτική απόληξη του Κόλπου Λαγανά υπάρχει επίσης βαλτώδης υγρότοπος, η Λίμνη Κεριού. Σημαντικοί είναι οι χείμαρροι: Αγ.Χαραλάμπους που διασχίζει το νότιο τμήμα της Πόλης, Μπούκας Λαγανά στο νότιο τμήμα του νησιού και Σκούρτη Αλυκών στο Βορειοανατολικό τμήμα του. Οι σημαντικοί Κόλποι της Ζακύνθου είναι του Λαγανά, των Αλυκών, και του Πλάνου που είναι αμμώδεις απολήξεις της μεγάλης Ζακυνθινής πεδιάδας. Οι σημαντικότεροι όρμοι είναι του Αγίου Νικολάου Βολιμών και του Πόρτο Βρώμη.Κοντά στην ακτή ευρίσκονται αρκετές βραχονησίδες υψηλού αισθητικού κάλλους, όπως το Μαραθωνήσι, το Πελούζο, ο Αϊ-Σώστης στον Κόλπο του Λαγανά, ο Αγ. Ιωάννης και Αγ. Ανδρέας στις Β.Δ. ακτές, ο Αγ. Νικόλαος και το Μικρό Νησί, στις Β.Α. ακτές. Σημαντικά είναι τα θαλάσσια σπήλαια της Ζακύνθου με ιδιαίτερο τουριστικό αλλά και οικολογικό ενδιαφέρον, με πιο ονομαστές τις Γαλάζιες Σπηλιές (www.zakynthos.gov.gr).

5.3 Χωρικό μοντέλο

Η διαδικασία που θα ακολουθηθεί περιγράφεται στα παρακάτω στάδια:

- Επιλογή των κριτηρίων σύμφωνα με την νομοθεσία.
- Εύρεση δεδομένων.
- Δημιουργία ζωνών αποκλεισμού
- Δημιουργία ζωνών καταλληλότητας
- Ανεύρεση τελικών περιοχών- Δημιουργία τεχνικού μοντέλου

5.4 Επιλογή των κριτηρίων σύμφωνα με τη νομοθεσία

Για την εφαρμογή της χωροθέτησης αιολικού πάρκου, τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν, επιλέχθηκαν βάσει του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (ΕΠΧΣΑΑ) για τις ΑΠΕ, το οποίο θέτει τις απαιτούμενες προϋποθέσεις για την εύρεση κατάλληλων περιοχών για εγκατάσταση αιολικών πάρκων.

Στην παρούσα εργασία δεν χρησιμοποιήθηκαν τα κριτήρια της απόστασης από υποδομές τηλεπικοινωνιών καθώς και από εγκαταστάσεις της αεροπλοΐας οι οποίες καθορίζονται κατά περίπτωση μετά από γνωμοδότηση του αρμόδιου φορέα. Στις περιοχές που εντάσσονται στο δίκτυο Natura 2000, οι εκτάσεις αγροτικής Γης υψηλής παραγωγικότητας, το καταφύγιο άγριας ζωής και οι βιότοποι corine οι οποίες λαμβάνονται ως ζώνες αποκλεισμού, δεν λαμβάνεται ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης του αιολικού πάρκου από την ασύμβατη αυτή χρήση διότι κρίνεται κατά περίπτωση στο πλαίσιο της ΕΠΟ. Επίσης οι Ζώνες Ειδικής Προστασίας της ορνιθοπανίδας κρίνονται μετά από ειδική ορνιθολογική μελέτη.

Τέλος δεν χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω κριτήρια για το λόγο ότι δεν εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης: Εθνικοί Δρυμοί και Αισθητικά Δάση, Αρδευόμενες εκτάσεις, Χώροι παγκόσμιας κληρονομιάς UNESCO, Λοιποί αρχαιολογικοί χώροι, Πολιτιστικά μνημεία και Παραδοσιακοί οικισμοί.

5.5 Συλλογή και προεπεξεργασία δεδομένων από ΓΣΠ και τηλεπισκόπηση

Για να αποδοθούν χωρικά τα παραπάνω κριτήρια δημιουργήθηκε σε περιβάλλον ArcGIS μία βάση δεδομένων (γεωβάση) και εισήχθησαν τα παρακάτω διανυσματικά επίπεδα πληροφορίας:

- Χαρτογραφικά υπόβαθρα τοπογραφικών χαρτών κλίμακας 1:50.000
- Περιφέρεια Ζακύνθου (περιοχή μελέτης)
- Αιολικό δυναμικό (μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου στα 40m από την επιφάνεια του εδάφους, όπως αυτό υπολογίστηκε από το ΚΑΠΕ με βάση ένα ευρύ πρόγραμμα επί τόπου μετρήσεων και εφαρμογή μαθηματικών μοντέλων)
- Οδικό δίκτυο
- Δίκτυο Natura 2000
- Καταφύγιο άγριας ζωής
- Βιότοποι corine
- Αξιόλογες ακτές και παραλίες

- Οριοθετημένοι οικισμοί
- Τουριστικοί οικισμοί
- Ιερές μονές
- Υψηλό Δίκτυο τάσης
- Χρήσεις γης (λιμάνι, αεροδρόμιο)
- Μεταλλευτικές και εξορυκτικές ζώνες
- Εκτάσεις αγροτικής γης υψηλής παραγωγικότητας (καλλιεργήσιμες εκτάσεις, αμπελώνες, ελαιώνες)
- Υψομετρικές καμπύλες

Για την εφαρμογή του κριτηρίου εκτάσεις αγροτικής Γης υψηλής παραγωγικότητας δημιουργήθηκε χάρτης καλύψεων γης με τη μέθοδο της επιβλεπόμενης ταξινόμησης (supervised classification) περιλαμβάνοντας 5 κατηγορίες κάλυψης γης με φασματικές υπογραφές (signatures) με το πρόγραμμα Erdas Imagine 2011 από δορυφορική εικόνα Landsat 4-5 TM.

Οι πηγές των παραπάνω δεδομένων ήταν οι εξής:

- Από τα Δημόσια Ανοιχτά Δεδομένα (geodata.gov.gr) το αιολικό δυναμικό, το οδικό δίκτυο, το δίκτυο Natura 2000 οι χρήσεις γης(CORINE) και οι αξιόλογες ακτές
- Από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) τα πληθυσμιακά στοιχεία του κάθε οικισμού
- Από το Φιλότης-βάση δεδομένων για την ελληνική φύση (http://filotis.itia.ntua.gr) το Καταφύγιο άγριας ζωής και οι Βιότοποι corine
- Από το εργαστήριο χωρικής ανάλυσης GIS και θεματικής χαρτογραφίας τους οικισμούς
- Από το ΑΔΜΗΕ (Ανεξάρτητος διαχειριστής μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας) το δίκτυο υψηλής τάσης
- Από το USGS τη δορυφορική εικόνα Landsat 4-5 TM (<http://glovis.usgs.gov>)
- Από το <http://srtm.csi.cgiar.org/index.asp> οι ισουψείς καμπύλες υψομέτρου οι οποίες και γεωαναφέρθηκαν (georeferencing) από το παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων (WGS 84) στο ελληνικό (ΕΓΣΑ 87). Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (rms error) ήταν 15 μέτρα και το οποίο είναι αποδεκτό για την κλίμακα 1:50000.

5.6 Χαρτογράφηση καλύψεων Γης για το νησί της Ζακύνθου

Η μελέτη των διαχρονικών αλλαγών της κάλυψης γης αποτελεί ένα από τα κύρια αντικείμενα έρευνας τα τελευταία χρόνια. Σημαντικός αριθμός από ερευνητικές μελέτες που έχουν γίνει στο αντικείμενο των διαχρονικών αλλαγών κάλυψης γης βασίζεται στη χρήση τεχνικών τηλεπισκόπησης γιατί οι δορυφορικές εικόνες και οι αεροφωτογραφίες αποτελούν "αψευδείς μαρτυρίες" των συμβάντων στην γήινη επιφάνεια (Λασπιάς Ε.,2012).

Η επιβλεπόμενη ταξινόμηση έχει ως σκοπό τη χρήση κατάλληλων αλγορίθμων ώστε να κατατάξει τα εικονοστοιχεία μίας απεικόνισης σε συγκεκριμένες θεματικές κατηγορίες, με χρήση των δεδομένων εκπαίδευσης που επιλέγονται από το χρήστη. Έχοντας διαθέσιμα τα δεδομένα εκπαίδευσης που χαρακτηρίζουν την κάθε τάξη και από τα οποία θα εκτιμηθούν οι φασματικές υπογραφές πριν την εκτέλεση του αλγόριθμου ταξινόμησης, ο χρήστης κατά κάποιο τρόπο εκπαιδεύει τον αλγόριθμο να αναγνωρίζει τα φασματικά χαρακτηριστικά της κάθε κατηγορίας. Έτσι έχει επικρατήσει ο όρος της επιβλεπόμενης ταξινόμησης. Μετά το πέρας της φάσης της εκπαίδευσης ο αλγόριθμος ταξινόμησης αποδίδει το κάθε εικονοστοιχείο στην κατάλληλη κατηγορία βάση των χαρακτηριστικών της κάθε τάξης. Πολλοί αλγόριθμοι έχουν αναπτυχθεί για την επιβλεπόμενη ταξινόμηση, όπως οι αλγόριθμοι της ελάχιστης απόστασης, του παραλληλεπιπέδου, της μέγιστης πιθανοφάνειας κ.α (Κόντος,2011).

Η μέθοδος της επιβλεπόμενης ταξινόμησης είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική όσον αφορά στην ακρίβεια στον εντοπισμό των τάξεων. Γνωστές και αναγνωρίσιμες τάξεις εντοπίζονται στην εικόνα από τον αναλυτή με βάση την εμπειρία του ή με βάση πραγματικά δεδομένα (π.χ. χάρτες). Μια περιοχή στην εικόνα η οποία εμφανίζεται αρκετά ομογενής με βάση τους τόνους των χρωμάτων εντοπίζεται και απομονώνεται σε ένα πολύγωνο στην οθόνη που καλείται εκπαιδευτική περιοχή (Φείδας, 2002).

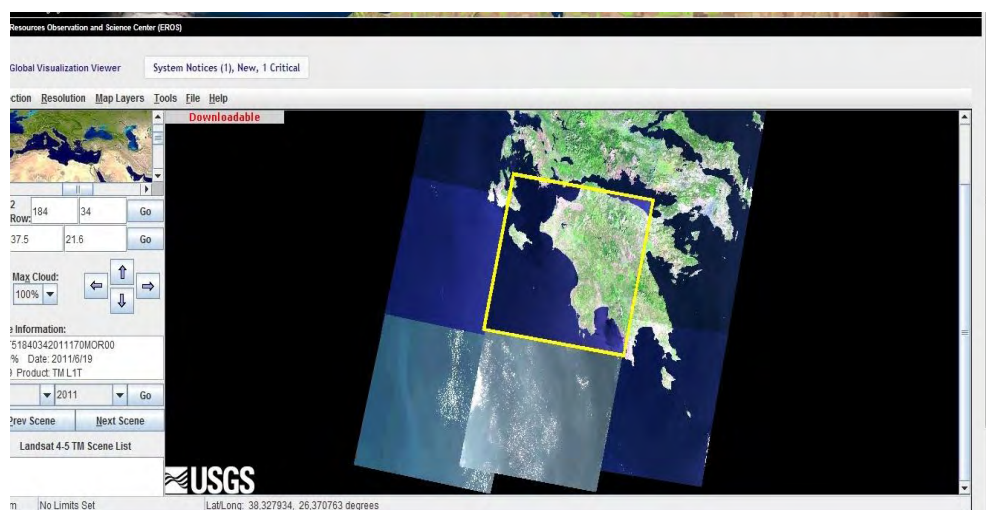
Κατά την ταξινόμηση απαιτείται αναγνώριση προτύπων. Αναγνώριση προτύπων επιτυγχάνεται από τον χρήστη με την χωρική την φασματική και την ραδιομετρική ενίσχυση μιας εικόνας, όπου ο ανθρώπινος εγκέφαλος αυτόματα και υποκειμενικά ταξινομεί συγκεκριμένες μορφές και χρώματα σε κατηγορίες(ερμηνεία εικόνας). Έτσι εξάγονται στατιστικά στοιχεία για τα φασματικά χαρακτηριστικά όλων των εικονοστοιχείων της εικόνας και η ταξινόμηση γίνεται βάση μαθηματικών κριτηρίων (Παπαπαναγιώτου, 2002).

Οι τεχνικές χωρικής ενίσχυσης μετατρέπουν τις τιμές των εικονοστοιχείων βάση των τιμών των γειτονικών τους. Η χωρική ενίσχυση συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την χωρική συχνότητα, δηλαδή το μέγεθος της αλλαγής της φωτεινότητας της τιμής ανά μονάδα μήκους σε κάθε τμήμα μιας εικόνας (Παπαπαναγιώτου, 2002).

Οι τεχνικές φασματικής ενίσχυσης μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε πολυφασματικές εικόνες. Η φασματική ενίσχυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για να συμπιέσει κανάλια που παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά, για να παραχθούν νέα κανάλια που είναι περισσότερο ερμηνευτικά, για να εφαρμοστούν μαθηματικοί μετασχηματισμοί και για να απεικονισθεί μεγαλύτερο εύρος πληροφορίας (Παπαπαναγιώτου, 2002).

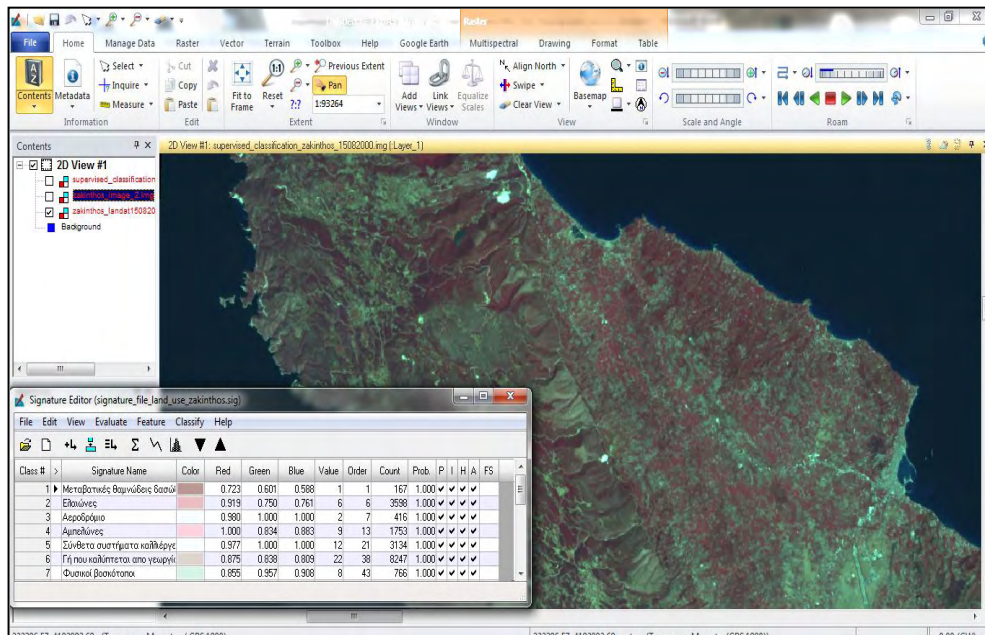
Η ραδιομετρική ενίσχυση συσχετίζεται με τις τιμές των ιδίων των εικονοστοιχείων της εικόνας. Διαφέρει από την χωρική ενίσχυση, η οποία λαμβάνει υπόψη και τις ραδιομετρικές τιμές των γειτονικών εικονοστοιχείων. Η ραδιομετρική ενίσχυση μιας πολυφασματικής εικόνας θεωρείται συχνά ως μια σειρά από ενισχύσεις κάθε καναλιού ξεχωριστά. Συνήθως η ραδιομετρική ενίσχυση δεν βελτιώνει την αντίθεση καθενός εικονοστοιχείου της εικόνας. Έτσι η αντίθεση μεταξύ μερικών εικονοστοιχείων μπορεί να χαθεί, ενώ συγχρόνως ενισχύεται η αντίθεση μεταξύ κάποιων άλλων (Παπαπαναγιώτου, 2002).

Για την δημιουργία του χάρτη χρησιμοποίησα δορυφορική εικόνα για ολόκληρη την περιοχή της Ζακύνθου από δορυφόρο Landsat 4-5 TM με διακριτική ικανότητα 30x30 μέτρα και ραδιομετρική ικανότητα 8bit την οποία και κατέβασα από την ιστοσελίδα <http://glovis.usgs.gov/> .Για τη δορυφορική εικόνα επέλεξα την ημερομηνία λήψης 19/06/2011 έτσι ώστε να έχει 0% νεφοκάλυψη .



Εικόνα 9: Επιλογή της περιοχής της Ζακύνθου από το glovis.usgs.gov.

Για να εφαρμοστεί η επιβλεπόμενη ταξινόμηση (supervised classification) αρχικά δημιουργήθηκαν φασματικές υπογραφές έχοντας σαν οδηγό τις καλύψεις γής από το corine 2000, οπότε και δημιουργήθηκαν οι 5 παρακάτω κατηγορίες καλύψεων Γης. Αμπελώνες, Ελαιώνες, Γεωργικές περιοχές, Δάση και Ημιφυσικές περιοχές. Αστικές περιοχές και Άγονες εκτάσεις.



Εικόνα 10: Κατασκευή των 5 καλύψεων Γης στο ERDAS Imagine.

Το αποτέλεσμα τις παραπάνω διαδικασίας απεικονίζεται στον παρακάτω χάρτη



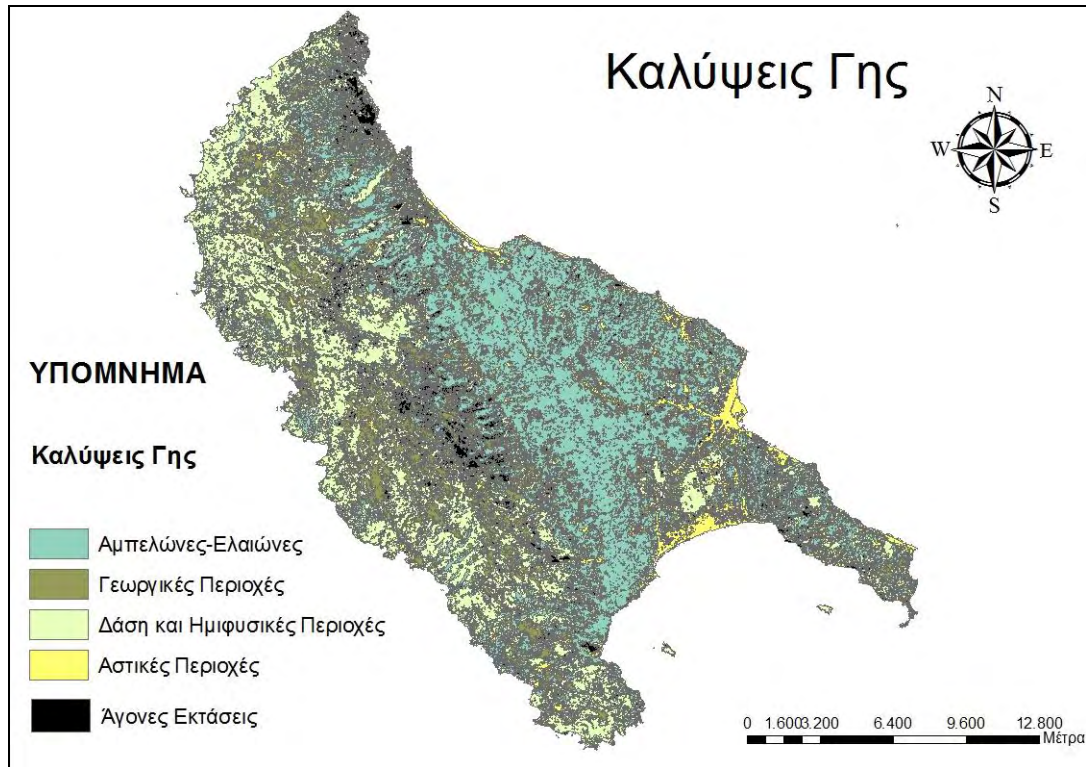
Χάρτης 3: Καλύψεις Γης με επιβλεπόμενη ταξινόμηση.

Στη συνέχεια για την κάθε κατηγορία κάλυψης Γης δημιουργήθηκαν πολύγωνα στο περιβάλλον του ArcGIS που περιείχαν και την πληροφορία του εμβαδόν τους όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Κατηγορίες	Περίμετρος (μ)	Εμβαδόν(τμ)	Ποσοστό %
Αμπελώνες-Ελαιώνες	4890870,976	149438238,9	30,32152299
Γεωργικές περιοχές	3908019,292	68668331,2	13,93303613
Δάση και Ημιφυσικές περιοχές	4586166,994	125909024,1	25,5473659
Αστικές περιοχές	2276530,857	122871022	24,93094502
Άγονες εκτάσεις	1972550,706	25958809,08	5,267129966
Σύνολο	17634138,82	492845425,4	100

Πίνακας 3: Το ποσοστό χώρου που καταλαμβάνει η κάθε κάλυψη Γης

Από τον παραπάνω πίνακα η κατηγορία που φαίνεται να επικρατεί είναι η πρώτη δηλαδή οι αμπελώνες και ελαιώνες σε ποσοστό **30 %** ενώ ακολουθούν οι δασικές και ημιφυσικές περιοχές, οι αστικές, οι γεωργικές και τέλος οι άγονες περιοχές.



Χάρτης 4: Καλύψεις Γης με μορφή πολυγώνων.

5.7 Δημιουργία ζωνών καταλληλότητας

➤ Αιολικό Δυναμικό

Το αιολικό δυναμικό αποτελεί κριτήριο καταλληλότητας για τη χωροθέτηση του αιολικού πάρκου με πολύ μεγάλη σημασία για τη βιωσιμότητα της εγκατάστασης. Το αιολικό στην παρούσα εργασία είναι με βάση τη μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου στα 40m από την επιφάνεια του εδάφους, όπως αυτό υπολογίστηκε από το ΚΑΠΕ με βάση ένα ευρύ πρόγραμμα επί τόπου μετρήσεων και εφαρμογή μαθηματικών μοντέλων. Οι περιοχές που επιλέχθηκαν έχουν μέση ετήσια ταχύτητα μεγαλύτερη από 5 m/s και μικρότερες από 7 m/s. Οι ζώνες καταλληλότητας (buffer) που δημιουργήθηκαν γύρω από αυτές τις περιοχές έχουν ακτίνα 800 μέτρα.



Χάρτης 5: Χάρτης κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης βάση αιολικού δυναμικού

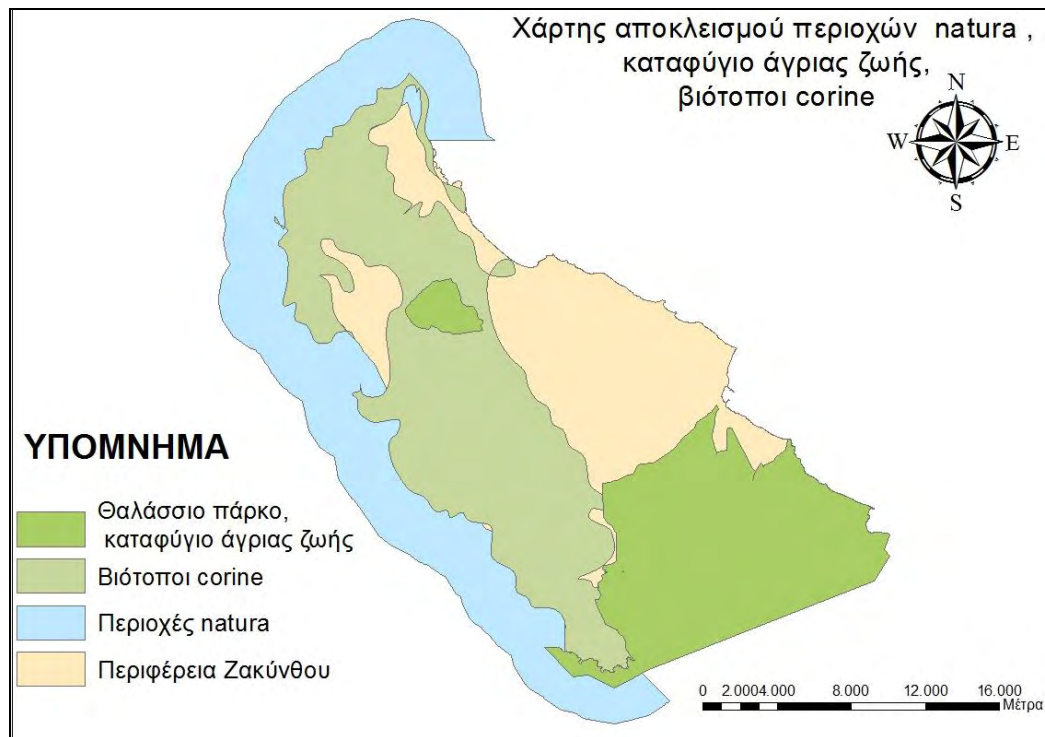
➤ Οδικό Δίκτυο

Το δεύτερο κριτήριο καταλληλότητας σύμφωνα με το ΕΠΣΧΑΑ είναι η περιοχή εγκατάστασης να έχει μέγιστη απόσταση 10 χιλιομέτρων από το κύριο και δευτερεύον οδικό δίκτυο. Για την περιοχή της Ζακύνθου όλα τα σημεία πληρούν αυτό το κριτήριο.

5.8 Δημιουργία ζωνών αποκλεισμού

➤ Περιοχές natura, καταφύγιο άγριας ζωής, βιότοποι corine

Η περιφερειακή ενότητα της Ζακύνθου διαθέτει αξιόλογο φυσικό περιβάλλον. Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία οι περιοχές natura, το καταφύγιο άγριας ζωής και οι βιότοποι corine αφαιρούνται από την περιοχή μελέτης. Οι ζώνες αποκλεισμού που δημιουργούνται απεικονίζονται στον παρακάτω χάρτη.



Χάρτης 6: Περιοχές αποκλεισμού περιοχών natura, καταφύγιο άγριας ζωής και βιοτόπων Corine.

Η περιοχή στο νότιο τμήμα της Ζακύνθου, έχει χαρακτηριστεί ως Εθνικό Θαλάσσιο Πάρκο (ΦΕΚ 906 Δ'/22-12-1999, ΦΕΚ 1272 Δ'/27-11-2003) ενώ στο κεντρικό τμήμα ως Καταφύγιο Άγριας Ζωής σύμφωνα με την υπουργική απόφαση 2760/1450/1976(ΦΕΚ 575 Β'/30-04-1976)

➤ Αξιόλογες ακτές και παραλίες, οικισμοί

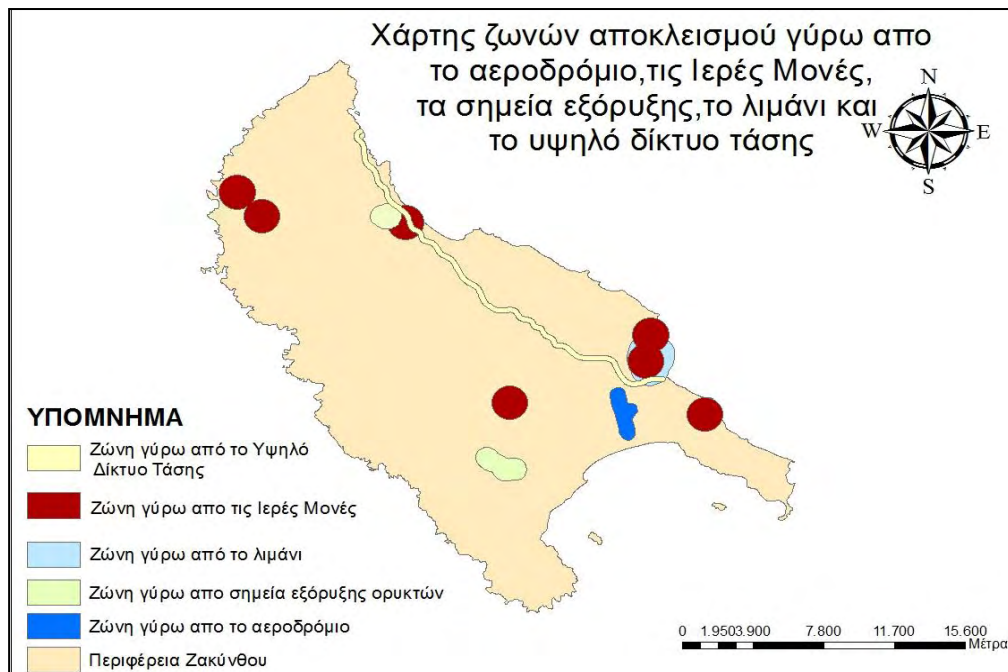
Οι περιοχές εγκατάστασης του αιολικού πάρκου θα πρέπει σύμφωνα με το ΕΠΣΧΑΑ να βρίσκονται σε απόσταση 1500 μέτρων τουλάχιστον από τις αξιόλογες ακτές και παραλίες της περιοχής. Από την περιφέρεια αφαιρέθηκε και την περιοχή του θαλάσσιου πάρκου στο κόλπο Λαγανά που αποτελεί περιοχή natura. Ένα ακόμα κριτήριο που θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν είναι και οι αποστάσεις από τους οικισμούς, συγκεκριμένα θα πρέπει οι κατάλληλες περιοχές να απέχουν τουλάχιστον 500 μέτρα από τους οριοθετημένους οικισμούς με πληθυσμό μικρότερο από 2000 κατοίκων και 1000 μέτρα από τους τουριστικούς οικισμούς. Στην Ζάκυνθο δεν υπάρχουν οικισμοί άνω των 2000 κατοίκων όπως επίσης και παραδοσιακοί.



Χάρτης 7: Περιοχές αποκλεισμού γύρω από αξιόλογες ακτές και οικισμούς.

- Ιερές Μονές, Λιμάνι, Αεροδρόμιο, Μεταλλευτικές και εξορυκτικές ζώνες, Υψηλό δίκτυο τάσης

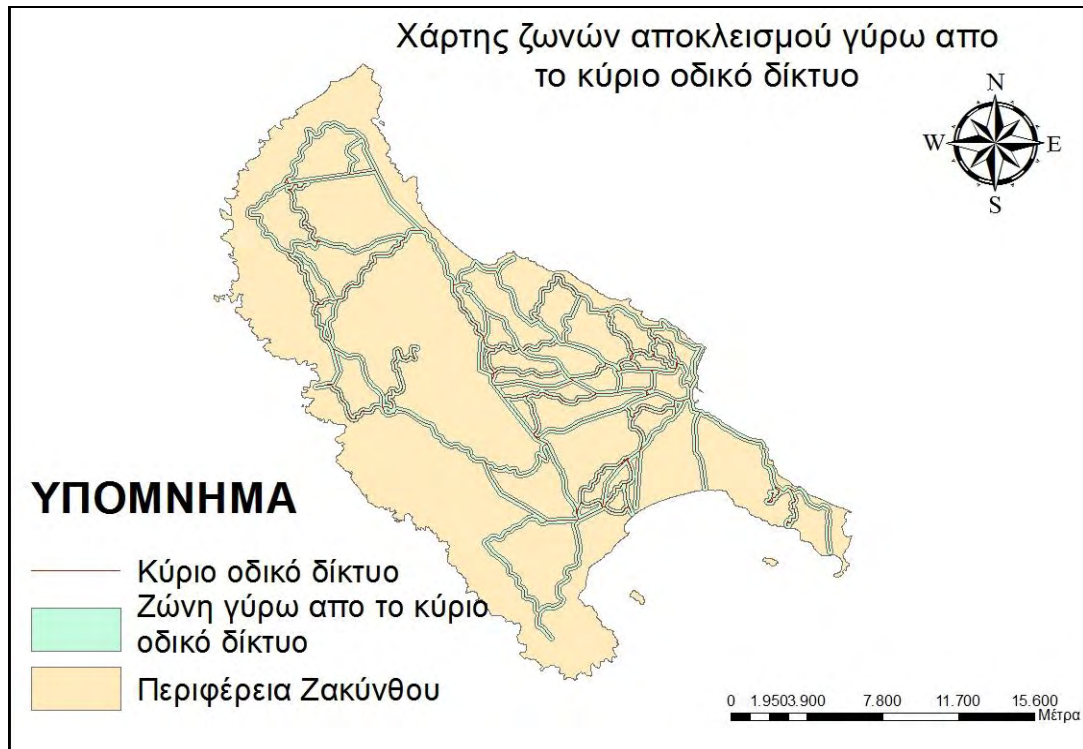
Η ελάχιστη απόσταση που ορίζεται από τη νομοθεσία για τις ιερές μονές και το λιμάνι είναι 1000 μέτρα, για τις μεταλλευτικές και εξορυκτικές ζώνες 500 μέτρα ενώ για το υψηλό δίκτυο τάσης απόσταση ασφαλείας ίση με $1,5d$ όπου d η διάμετρος της φτερωτής της ανεμογεννήτριας δηλαδή 150 μέτρα. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στον παρακάτω χάρτη.



Χάρτης 8: Περιοχές αποκλεισμού γύρω από το αεροδρόμιο, τις Ιερές Μονές, το λιμάνι, τα σημεία εξόρυξης και το Υψηλό δίκτυο τάσης.

- Οδικό Δίκτυο

Θα πρέπει οι προτεινόμενες περιοχές να βρίσκονται σε απόσταση $1,5d$ από το κύριο οδικό δίκτυο. Επομένως δημιουργείται μία ζώνη αποκλεισμού 150 m και αφαιρούνται οι περιοχές αυτές από την περιοχή μελέτης. Παρακάτω δίνεται ο χάρτης που εμφανίζονται περιοχές που έχουν αφαιρεθεί από την Περιφέρεια.



Χάρτης 9: Περιοχές αποκλεισμού γύρω από το κύριο οδικό δίκτυο.

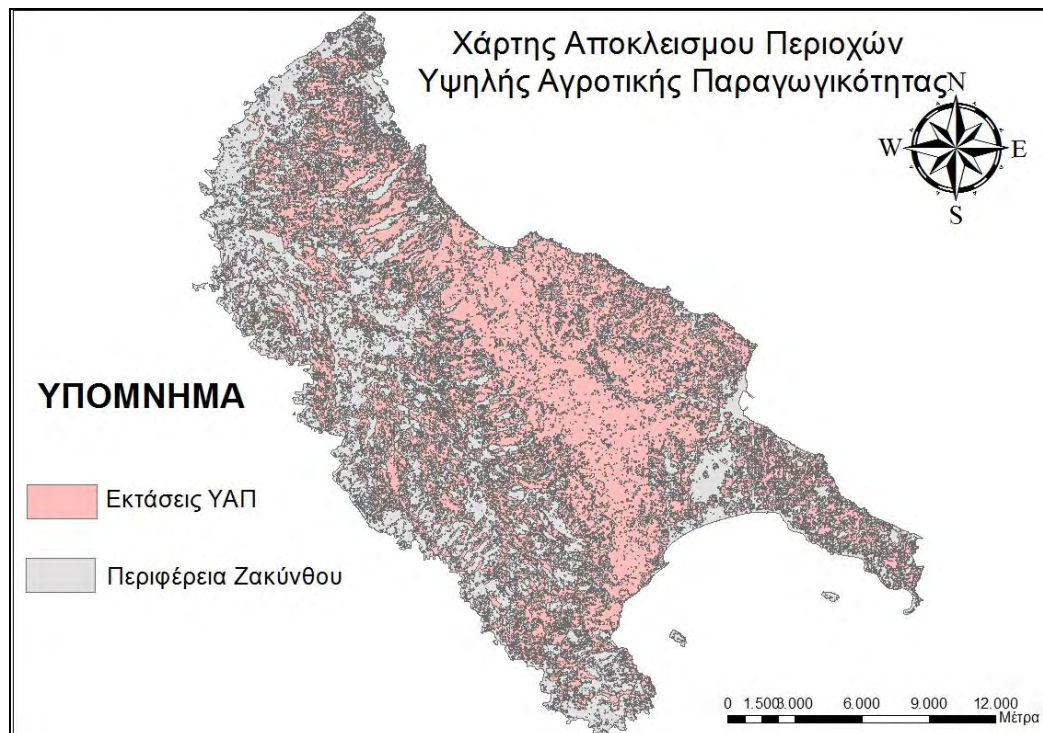
- Εκτάσεις αγροτικής γης υψηλής παραγωγικότητας (Ν. 2945/01) και αρδευόμενες εκτάσεις.

Στην παρ. 6.α) του άρθρου 37 του Ν. 2945/01 (που τροποποιεί το άρθρο 56 του Ν.2637/98), επισημαίνεται ότι «...σε αγροτεμάχια, που χαρακτηρίζονται ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, απαγορεύεται η άσκηση οποιασδήποτε δραστηριότητας...και κάθε επέμβαση στις εκτάσεις αυτές...για την εκτέλεση έργων ή την δημιουργία εγκαταστάσεωναποτελεί εξαιρετικό μέτρο..... και ενεργείται μετά από άδεια της οικείας Δ/νσης, που χορηγείται μόνο για λόγους που εξυπηρετούν το γεωργικό χαρακτήρα της αγροτικής εκμετάλλευσης. Η απαγόρευση αυτή δεν ισχύει εφόσον πρόκειταιγια την εκτέλεση μεγάλων αναπτυξιακών έργων του Δημοσίου και των ΟΤΑ....)».

Με βάση τον ισχύοντα νόμο διαπιστώνεται θεσμική ασυμβατότητα μεταξύ των περιοχών, που χαρακτηρίζονται ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας και των αιολικών έργων, εκτός αν πρόκειται για έργα του Δημοσίου και των ΟΤΑ.

Επομένως οι περιοχές αυτές εντάσσονται στις ζώνες αποκλεισμού, παρότι δεν υφίσταται κανενός είδους λειτουργική ασυμβατότητα, κυρίως λόγω και του ελάχιστου χώρου, που καταλαμβάνει η βάση έδρασης των πυλώνων των ανεμογεννητριών.

Επισημαίνεται παράλληλα ότι οι περιοχές αυτές, λόγω του ειδικού χαρακτήρα τους (πεδινές εκτάσεις, χαμηλά υψόμετρα), σπανίως διαθέτουν αιολικό δυναμικό. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να προωθηθεί νομοθετική ρύθμιση για την άρση αυτής της αντίφασης, ώστε να επιτρέπεται η εγκατάσταση ΑΠΕ υπό όρους στις περιοχές αυτές. Εκτάσεις αγροτικής γης υψηλής παραγωγικότητας στην περιοχή της Ζακύνθου μπορούν να χαρακτηριστούν οι εκτάσεις με αμπελώνες και ελαιώνες. Παρακάτω δίνεται ο χάρτης που εμφανίζει τις περιοχές που έχουν αφαιρεθεί από την περιοχή της Ζακύνθου.



Χάρτης 10: Περιοχές αποκλεισμού γύρω από τις εκτάσεις υψηλής αγροτικής παραγωγικότητας.

5.9 Εύρεση τελικών περιοχών

Για την ανεύρεση των τελικών περιοχών αρχικά ενώνονται οι περιοχές που ανήκουν στις ζώνες αποκλεισμού με την διαδικασία της ένωσης (union) και αφαιρούνται από όλη την περιοχή της Ζακύνθου. Στη συνέχεια οι περιοχές που προκύπτουν συνδυάζονται με τα κριτήρια καταλληλότητας με τη διαδικασία της τομής (intersect). Οι περιττές γραμμές που δημιουργήθηκαν ανάμεσα στα πολύγωνα με την παραπάνω διαδικασία, αφαιρούνται με την εντολή dissolve που παρέχεται σε ένα ΓΣΠ. Η λειτουργία αυτή συνενώνει πολύγωνα με βάση την κωδικοποίηση της περιγραφικής πληροφορίας που τα συνοδεύει. Για βελτίωση της λειτουργικότητας των παραγόμενων δεδομένων, τα ΓΣΠ παρέχουν μια επιπλέον λειτουργία για τη συνένωση περιοχών της ίδιας κατηγορίας που συνορεύουν γεωγραφικά (multipart to singlepart). Έτσι το τελικό επίπεδο με τις κατάλληλες περιοχές προς χωροθέτηση αιολικού πάρκου στη Ζάκυνθο, αποκτά μια μορφή που το καθιστά χρήσιμο αλλά και εύχρηστο στην υποστήριξη λήψης αποφάσεων. Στον παρακάτω χάρτη δίνονται οι περιοχές που είναι κατάλληλες για χωροθέτηση αιολικού πάρκου σύμφωνα με τα κριτήρια της νομοθεσίας που θέτει το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.



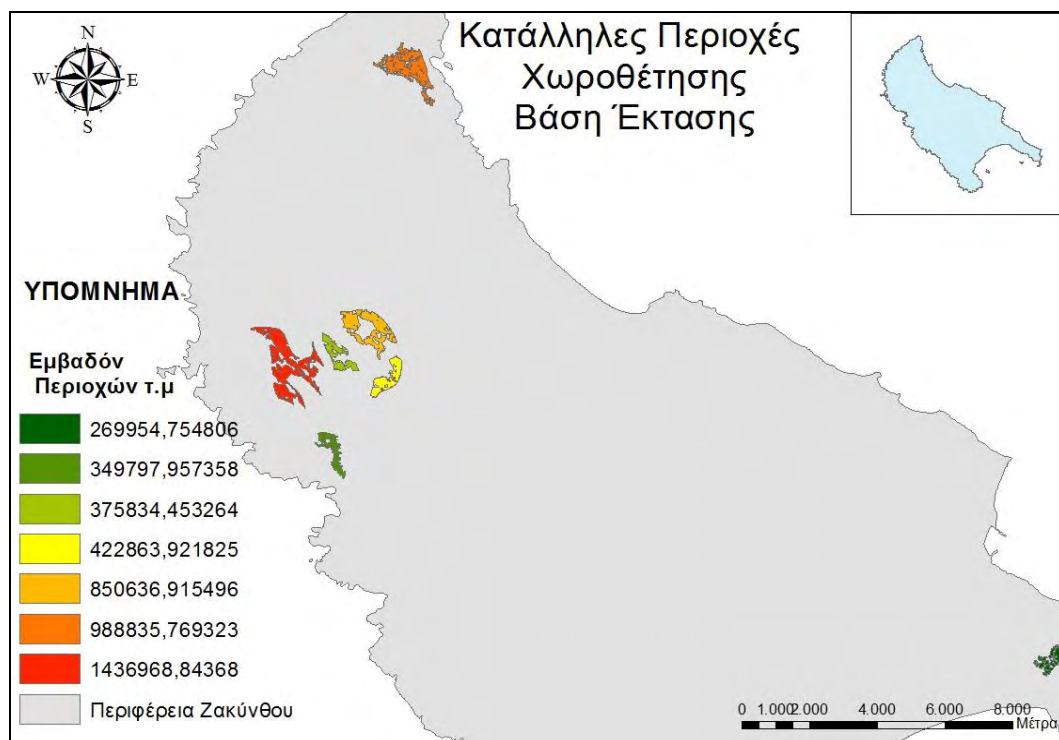
Χάρτης 11: Πιθανές περιοχές χωροθέτησης αιολικού πάρκου.

5.10 Ανάλυση καταλληλότητας του χώρου εγκατάστασης

5.10.1 Έκταση οικοπέδου αιολικού πάρκου

Τα αιολικά πάρκα δεν καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις. Μία ανεμογεννήτρια καταλαμβάνει πολύ μικρή έκταση, συνήθως μερικά τετραγωνικά μέτρα και το ίδιο οι δρόμοι προσπέλασης. Σε γενικές γραμμές μόλις το 1% της απαιτούμενης από τις νομοθετικές ρυθμίσεις έκτασης χρησιμοποιείται από τις ανεμογεννήτριες, ενώ το υπόλοιπο 99% μπορεί να χρησιμοποιηθεί όπως και πριν την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου, δηλαδή για καλλιέργειες και βοσκή κοπαδιών. Η έκταση των αιολικών πάρκων ορίζεται περίπου σε 100 στρέμματα ανά εγκατεστημένο MW. Οπότε για τη δημιουργία ενός αιολικού πάρκου απαιτούνται περίπου 250 στρέμματα ή 250000 τμ.

Οι περιοχές χωροθέτησης που προέκυψαν δεν καλύπτουν όλες το κριτήριο της έκτασης οπότε και επιλέγονται μόνο οι περιοχές με τη κατάλληλη έκταση και απεικονίζονται στον παρακάτω χάρτη.



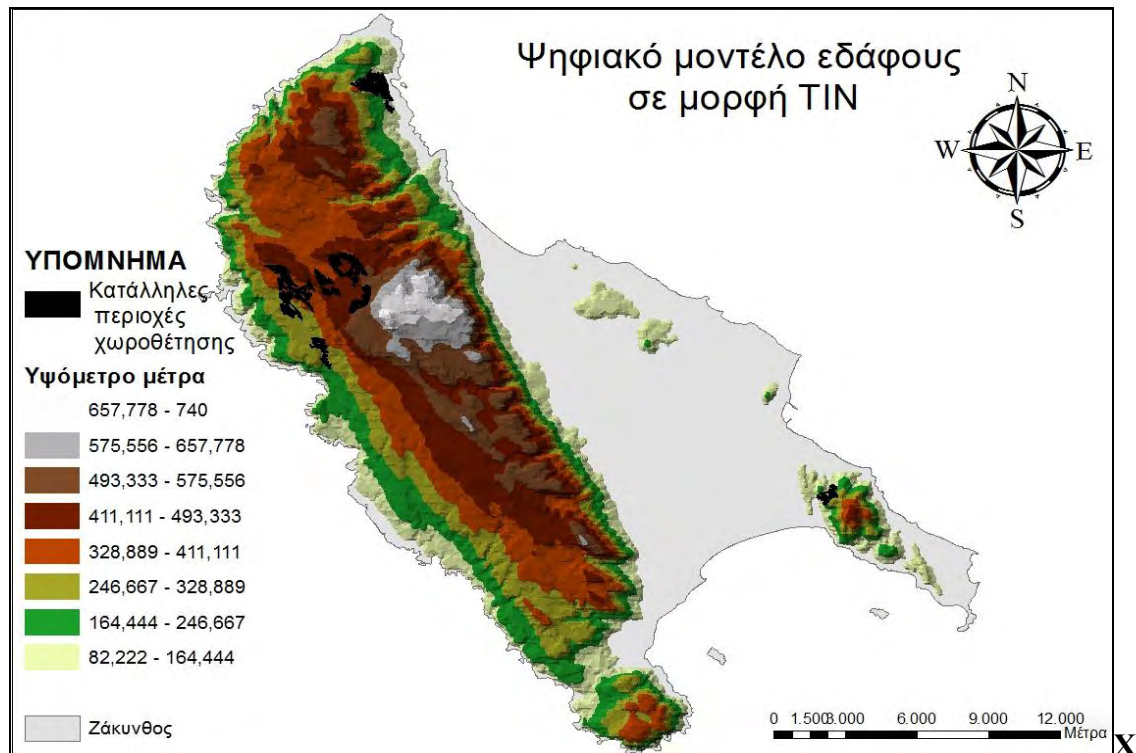
Χάρτης 12: Χάρτης με τις κατάλληλες περιοχές χωροθέτησης βάση έκτασης.

5.10.2 Υψόμετρο και κλίσεις εδάφους

«Προκειμένου να προσεγγισθεί σε επίπεδο χώρας το συνολικό εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό, γίνεται παραδεκτό ότι, με βάση τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των δυνατοτήτων εγκατάστασης και λειτουργίας αιολικών σταθμών και με δεδομένες τις περιορισμένες δυνατότητες δημοσίων ενισχύσεων, ως κατάλληλη θεωρείται καταρχήν η περιοχή, που διαθέτει αιολικό δυναμικό με μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου >5,5 m/sec, μέχρι 1900 μέτρα υψόμετρο και σε εδάφη με κλίσεις μικρότερες από 15%, για λόγους καθαρά τεχνικούς ή/και λειτουργικούς (εκμεταλλευσιμότητας-απόδοσης, εγκατάστασης, προσπέλασης, σύνδεσης με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας κλπ.) χωρίς να αποτελούν μεγέθη αποκλεισμού έργων αλλά ως ένα «φίλτρο» για τον προσδιορισμό ενός υποσυνόλου των περιοχών. Υπάρχει πιθανότητα να υπάρξουν έργα σε μεγαλύτερα υψόμετρα και σε μεγαλύτερες κλίσεις (π.χ. αιολικά πάρκα στην Κάρυστο και στην Κρήτη) » (Ασημακόπουλος Γ. (2007) *Εκοτεχνικά* , «Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Ν. 2742/1999).

Για την ανάλυση του υψομέτρου της περιοχής της Ζακύνθου έγινε κατασκευή του ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Γενικά, ως Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM - DTM) ορίζεται κάθε «ψηφιακή αναπαράσταση της συνεχούς μεταβολής του ανάγλυφου στο χώρο». Ο όρος DTM αναφέρεται ευρέως στην απόδοση οποιουδήποτε χαρακτηριστικού στο χώρο, ενώ ο όρος DEM σχετίζεται αποκλειστικά με την αναπαράσταση του ανάγλυφου (Χαλκιάς 2003). Για τη δημιουργία του μοντέλου έγιναν μετατροπή των ισοψών ισοϋψών καμπύλων υψομέτρου με ισοδιάσταση 20 μέτρα από διανυσματική μορφή σε ψηφιακή με την εντολή *topo to raster*. Στη συνέχεια για να μπορεί να αναλυθεί καλύτερα έγινε η κατασκευή της δομής του υψομέτρου με το Δίκτυο Ακανόνιστων τριγώνων (TIN) χρησιμοποιώντας την εντολή *create tin*.

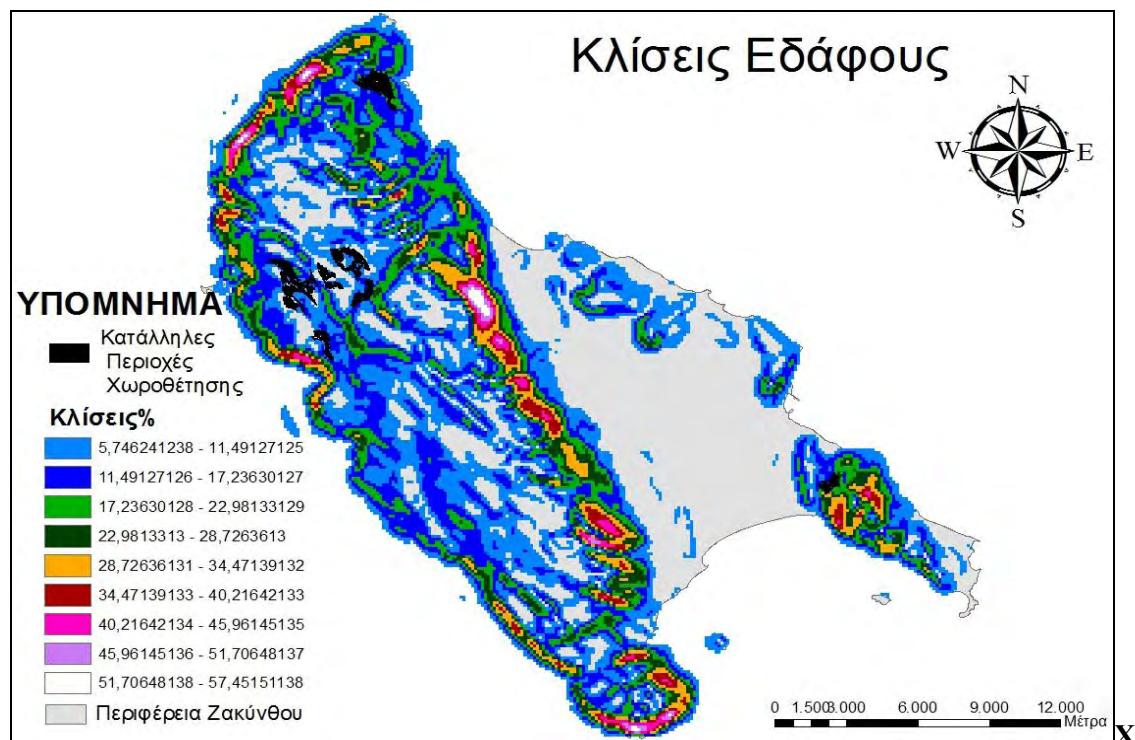
Το αποτέλεσμα της παραπάνω διαδικασίας απεικονίζεται στον παρακάτω χάρτη.



Χάρτης 13: Χάρτης με το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους.

Οι περιοχές προς χωροθέτηση βρίσκονται σε επιτρεπτό υψόμετρο κάτω των 1000 μέτρων .

Για την εύρεση της κλίσης των εδαφών χρησιμοποιήθηκε πάλι το ψηφιακό μοντέλο εδάφους με την εντολή slope. Το αποτέλεσμα απεικονίζεται στον παρακάτω χάρτη.



Χάρτης 14: Χάρτης των κλίσεων του εδάφους.

Όπως παρατηρείται οι περιοχές χωροθέτησης βρίσκονται σε εδάφη με μικρές κλίσεις, άρα οι εκτάσεις αυτές πληρούν και κριτήρια λειτουργικότητας.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κλιματική αλλαγή του πλανήτη οδηγεί στην ιεράρχηση σήμερα νέων προτεραιοτήτων στον ενεργειακό σχεδιασμό, σχεδόν σε ολόκληρο τον πλανήτη. Το κλειδί της επίλυσης του ενεργειακού προβλήματος είναι η προώθηση τεχνολογιών φιλικών προς το περιβάλλον, που θα επιτρέψουν τη μείωση της εξάρτησης από το συνεχώς αυξανόμενο σε κόστος, περιβαλλοντικά και οικονομικά, πετρέλαιο και την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Σε αυτό το πλαίσιο κινούμενη η επιστημονική κοινότητα προσπαθεί να δώσει λύσεις στην προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, τόσο σε ζητήματα που αφορούν τη χωροθέτηση μονάδων παραγωγής ενέργειας, όσο και σε θέματα βελτίωσης στη μετατροπή της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές σε ηλεκτρική.

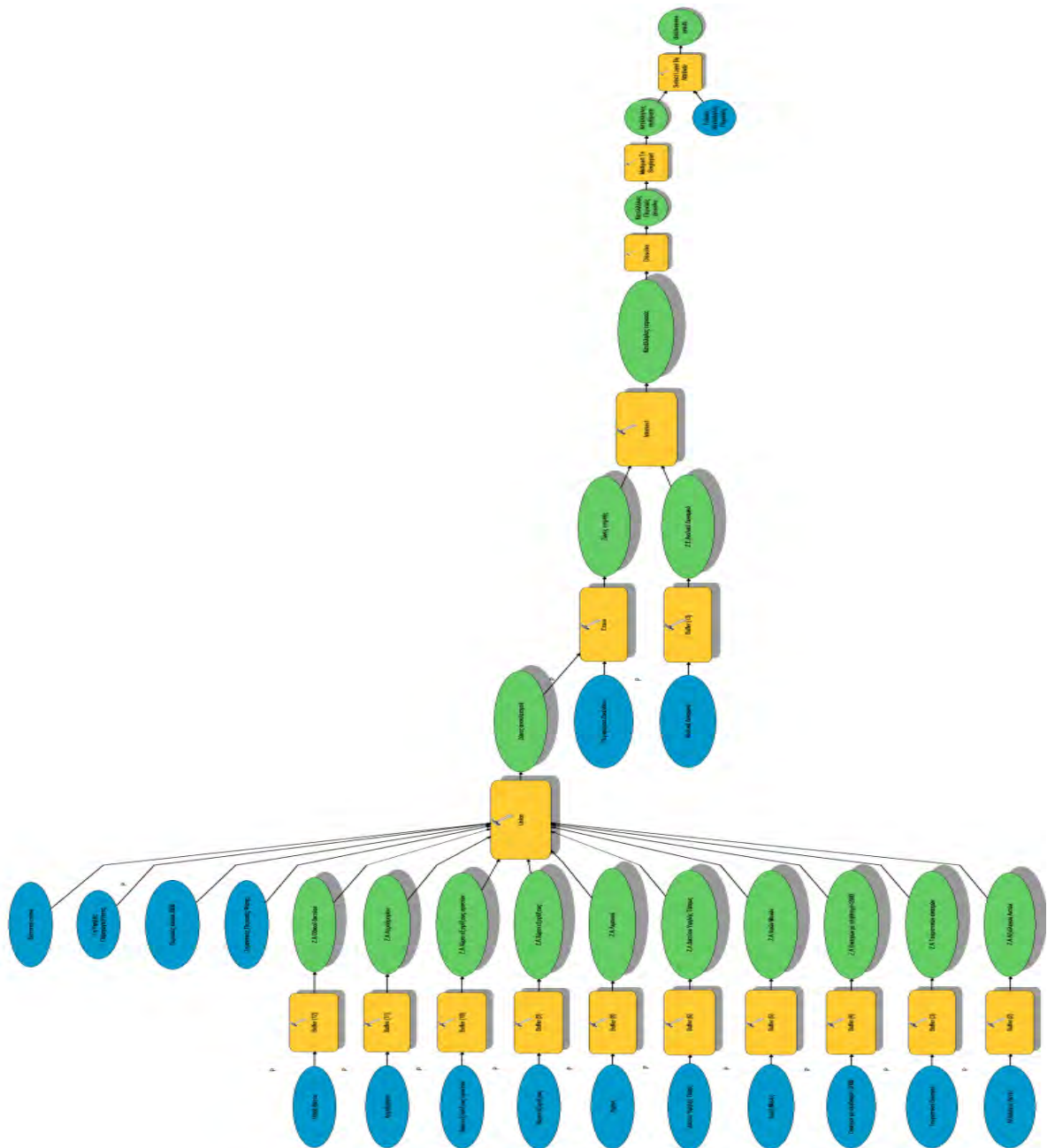
Η προστασία του περιβάλλοντος αλλά και η σταδιακή αποκέντρωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της προώθησης των ΑΠΕ αποτελεί υψίστης σημασίας προτεραιότητα και για την Ελλάδα. Η αιολική ενέργεια αποτελεί μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και ιδιαίτερα η Ελλάδα διαθέτει πολύ υψηλό αιολικό δυναμικό. Ωστόσο, η χωροθέτηση αιολικού πάρκου αποτελεί επίσης ένα σημαντικό κριτήριο για την ορθή προώθηση των ΑΠΕ. Αν και τα αιολικά πάρκα μπορεί να χαρακτηριστούν έργα φιλικά προς το περιβάλλον, παρ' όλα αυτά δε στερούνται επιπτώσεων προς αυτό. Για το λόγο αυτό η παρούσα εργασία ασχολήθηκε με τον εντοπισμό κατάλληλων περιοχών στο νησί της Ζακύνθου για την χωροθέτηση αιολικού πάρκου.

Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε βασίστηκε στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών ακολουθώντας τα κριτήρια χωροθέτησης από το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού για τις ΑΠΕ. Επίσης βασίστηκε και στη Τηλεπισκόπηση καθώς έγινε χρήση δορυφορικών εικόνων από το USGS οι οποίες παρέχονται δωρεάν για τη δημιουργία των καλύψεων Γης. Στην παρούσα εργασία δεν χρησιμοποιήθηκαν βάρη σε κάποια κριτήρια για την καλύτερη ακρίβεια των αποτελεσμάτων κάτι που μπορεί να πραγματοποιηθεί σε μια περαιτέρω ανάλυση. Η χρησιμοποίηση των ΓΣΠ όχι μόνο αποδεικνύει τη χρησιμότητά τους ως εργαλείο της ολοκληρωμένης χωρικής προσέγγισης αλλά και μέσω της λειτουργίας Model Builder αναδεικνύει ένα εργαλείο αυτοματοποίησης της χωρικής αναλυτικής διαδικασίας, όπου είναι δυνατός ο πλήρης έλεγχος των διαδικασιών και των δεδομένων. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν αναλύθηκαν περαιτέρω χρησιμοποιώντας και κάποια κριτήρια λειτουργικότητας του

Μαρία Ακτύπη

χώρου εγκατάστασης όπως είναι η έκταση των περιοχών ,το υψόμετρο και οι κλίσεις του εδάφους .

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Διάγραμμα 7: Τεχνικό μοντέλο ανεύρεσης κατάλληλων περιοχών για χωροθέτηση αιολικού πάρκου βάσει νομοθεσίας μέσω της λειτουργίας Model Builder

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Ασημακόπουλος Γ.(2007) Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Ν. 2742/1999), Α' Φάση: Υποστηρικτική Μελέτη, 'ΕΚΟΤΕΧΝΙΚΑ', Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Διεύθυνση Χωροταξίας, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα « Περιβάλλον»
- Τσακίρη-Στρατή Μ. 1998. Τηλεπισκόπηση. Σημειώσεις. Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών. ΑΠΘ
- Κόντος Σ. ,2011, Διπλωματική εργασία «Λογοι καναλιων πολυφασματικων εικονων τηλεπισκοπησης και θεματικες εφαρμογες τους στον ελλαδικο χωρο». Αναπτυξη σε περιβαλλον **wiki**, εμπ
- Κουτσόπουλος, Κ. (2005) Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου
- Λασπιάς Ε.,2012, Διπλωματική εργασία «Επιβλεπόμενη & Μη Επιβλεπόμενη Ταξινόμηση Πολυφασματικών Εικόνων Τηλεπισκόπησης και Θεματικές Εφαρμογές τους στον Ελλαδικό Χώρο: ανάπτυξη σε περιβάλλον Wiki», ΕΜΠ
- Νάκου, Ε. (2007), «Χωροθέτηση αιολικού πάρκου στο Νομό Φωκίδας με λογική της ασάφειας και Γεωργικά Συστήματα Πληροφοριών», Αθήνα
- Περάκης Κ., 2011. Ανίχνευση και πρόβλεψη διαχρονικών αλλαγών κάλυψης στο νομό Μαγνησίας με την εφαρμογή της μεθόδου Markov και των κυτταρικών αυτόματων σε πολυφασματικές δορυφορικές εικόνες. Περιοδικό Αειχώρος, 16,2011
- Φείδας Χαράλαμπος , Σ.Γ.Π και Τηλεπισκόπηση στον Περιβαλλοντικό Σχεδιασμό , Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη, 2002.
- Φώτης Γ. (2010) Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Αθήνα, Εκδόσεις Γκοβόστη
- Παπαπαναγιώτου Ευάγγελος , Τηλεσκοπικά Συστήματα, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, ΠΣΕ Περιβαλλοντικής Χαρτογραφίας , Μυτιλήνη, 2002
- Κωνσταντακάτος Γεράσιμος του Αγγέλου ΔΙΑΤΡΙΒΗ «Εντοπισμός θέσεων δημιουργίας μικρών Έργων Υποδομής, στην λεκάνη απορροής του ρέματος Ξερέας μέσω Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, (ειδικότερα του υδρολογικού μοντέλου ArcHydro) και τηλεπισκόπησης με σκοπό την

αντιπλημμυρική και περιβαλλοντική προστασία της περιοχής.», πανεπιστήμιο αιγαίου, τμήμα περιβάλλοντος μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών ,περιβαλλοντική πολιτική & διαχείριση

- Ε.Χασικίδη (2010), «Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία MBA THESIS: Αιολική Ενέργεια σε Ελλάδα και Ευρώπη.Πανεπιστήμιο Πατρών-Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Νέες Αρχές στη Διοίκηση Επιχειρήσεων MBA
- Ahmed Duran Sahin,(2004) “Progress and Recent Trends in wind energy”,Progress in energy and combustion science,**30**(5),pp. 501-543
- Arabatzis G, Kitikidou K, Tampakis S, Soutsas K. The fuelwood consumption in a rural area of Greece. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2012;16(9):6489-96
- Aydin N.Y., Kentel E., Duzgun S. (2010) “GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning: A case study from Western Turkey”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, 364–373
- Bennui A., Rattanamanee P., Puetpaiboon U., Phukpattaranont P., Chetpattananondh K. (2007) “Site selection for large wind turbine using GIS”, International Conference on Engineering and Environment, Phuket
- Church, Richard L. (2002) «Geographical information systems and location science», Computers & Operations Research, **29** (6), p.p 541-562
- C.N. Chalkias, E.T. Karymbalis (2003) “Prototype GIS application in Delta morphometry”, h Pan-Hellenic Geographical Conference, Vol II, 281 – 287
- Directive 2009/28/EC, <http://eur-lex.europa.eu>
- D.Voivontas,D.Assimakopoulos,A.Mourelatos,J.Corominas,(1998) “Evaluation of renewable energy potential using a GIS decision support system”,*Renewable Energy*,**13**(3),pp. 333-344
- Dragan M., Feoli E., Ferneti M., Zerihun W. (2003) «Application of a spatial decision support system (SDSS) to reduce soil erosion in northern Ethiopia», Environmental Modeling & Software, 18, 861–868
- J.K. Kaldellis (2004) “Investigation of Greek wind energy market time-evolution”, Energy Policy, 32 (7), pp. 865–879J.K. Kaldellis (2005) “Social attitude towards wind energy applications in Greece”,Energy Policy, 33 (5), pp. 595–602

- J.K.Kaldellis,K.Gerakis,M.Kapsali, (2012) “Noise impact assessment on the basis of onsite acoustic noise immission measurements for a representative wind farm”, *Renewable Energy*,41,pp. 306-314
- J.K.Kaldellis,M.Kapsali,D.Tiligadas,(2012) “Presentation of a stochastic model estimating the wind energy contribution in remote island electrical networks”, *Applied Energy*,97,pp. 68-76
- J.K. Kaldellis, K.A. Kavadias (2004) “Evaluation of Greek wind parks visual impact: the public attitude”,*Fresenius Environmental Bulletin*, **13** (5) , pp. 413–423
- Hatziargyriou, N.D., Tsikalakis, A., Androutsos, A., (2006)“ Status of distributed generation in the Greek Islands” In: IEEE, Proceedings of the Power Engineering Society General Meeting. Montreal, Canada
- Kabouris, J., Hatziargyriou, N., (2006). “Wind power in Greece-current situation, future developments and prospects”,In: IEEE, Proceedings of the Power Engineering Society General Meeting 2006, Montreal, Canada
- Kambezidis HD, Kasselouri B, Konidari P. Evaluating policy options for increasing the RES-E penetration in Greece. *Energy Policy* 2011;39(9):5388-98
- Koutroumanidis T, Ioannou K, Arabatzis G. Predicting fuel wood prices in Greece with the use of ARIMA models, artificial neural networks and a hybrid ARIMA—ANN model. *Energy Policy* 2009;37(9):3627–34
- M.Kapsali,J.S.Anagnostopoulos,J.K.Kaldellis,(2012) “Wind powered pumped-hydro storage systems for remote islands: A complete sensitivity analysis based on economic perspectives”, *Applied Energy*,99,pp. 430-444
- Molnarova, K.^a , Sklenicka, P.^a, Stiborek, J.^a, Svobodova, K.^b, Salek, M.^c, Brabec, E.^d ,(2012) “Visual preferences for wind turbines: Location, numbers and respondent characteristics”,*Applied Energy*,92,pp.269-278
- NREAP, National Renewable Energy Action Plan, 2010 http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_greece_en.pdf
- Palaiologou a, K.Kalabokidis a,n, D.Haralambopoulos b, H.Feidas c, H.Polatidis,(2011) “Wind characteristics and mapping for power production in the Island of Lesbos,Greece”,*Computers and geosciences*,37,pp.962-972

- A.M. Papadopoulos, G.L. Glinou, D.A. Papachristos (2008) “Developments in the utilisation of wind energy in Greece” *Renewable Energy*, **33** (1), pp. 105–110
- Renewables 2011: Global Status Report. pp. 17-18

Διαδικτυακές αναφορές

- <http://www.buildnet.gr> (ημερομηνία πρόσβασης 20/03/2014)
- <http://www.cres.gr> (ημερομηνία πρόσβασης 20/02/2014)
- http://el.wikipedia.org/wiki/Ανανεώσιμες_πηγές_ενέργεια (ημερομηνία πρόσβασης 11/02/2014)
- http://el.wikipedia.org/Αιολική_Ενέργεια (ημερομηνία πρόσβασης 11/02/2014)
- <http://www.energyworld.gr> (ημερομηνία πρόσβασης 18/02/2014)
- <http://www.evwind.es> (ημερομηνία πρόσβασης 25/04/2014)
- <http://www.ewea.org> (ημερομηνία πρόσβασης 20/02/2014)
- <http://filotis.itia.ntua.gr> (ημερομηνία πρόσβασης 10/03/2014)
- <http://www.gwec.net> (ημερομηνία πρόσβασης 20/03/2014)
- <http://www.iea.org> (ημερομηνία πρόσβασης 10/03/2014)
- http://www.rae.gr/site/file/system/docs/ActionReports/national_2012 (ημερομηνία πρόσβασης 18/03/2014)
- <http://www.ren21.net/default.aspx?tabid=5434> (ημερομηνία πρόσβασης 05/04/2014)
- <http://www.thewindpower.net> (ημερομηνία πρόσβασης 05/03/2014)
- <http://www.windatlas.dk/Europe> (ημερομηνία πρόσβασης 09/03/2014)
- <http://www.west-inc.com> (ημερομηνία πρόσβασης 02/04/2014)
- <http://www.ypeka.gr> (ημερομηνία πρόσβασης 15/03/2014)
- <http://www.zakynthos.gov.g> (ημερομηνία πρόσβασης 07/05/2014)

